

Artículo científico
(Original paper)**EFFECTO INSECTISTÁTICO DE EXTRACTOS ETANÓLICOS DE CLAVO Y PIMIENTA EN
TRIALEURODES VAPORARIORUM WEST. (HEMIPTERA: ALEYRODIDAE)****INSECTSTATIC EFFECT ETHANOL EXTRACTS OF CLOVE AND PEPPER ON
TRIALEURODES VAPORARIORUM WEST. (HEMIPTERA: ALEYRODIDAE)**

**EDUARDO AGUILAR ASTUDILLO¹, CESÁREO RODRÍGUEZ HERNÁNDEZ^{2*}, HIRAM BRAVO MOJICA²,
R. MARCOS SOTO HERNÁNDEZ², NÉSTOR BAUTISTA MARTÍNEZ², FRANCISCO GUEVARA
HERNÁNDEZ¹**

¹Facultad de Ciencias Agronómicas Campus V, Universidad Autónoma de Chiapas. Carretera Ocozocoautla-Villaflores km. 84.5. Villafloros, Chiapas. C.P. 30470, México. <guerr2012@hotmail.es>; <fguevarah@unach.mx>

²Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas, Campus Montecillo, Montecillo Texcoco, México. Carretera Federal México-Texcoco Km. 81.5. C.P. 56230, México. <crhernan@colpos.mx>; <bravomj@colpos.mx>; <msoto@colpos.mx>; <nestor@colpos.mx>

*Autor de correspondencia: <crhernan@colpos.mx>

Recibido: 28/08/2018; aceptado: 29/05/2019; publicado en línea: 20/08/2019
Editor responsable: Magdalena Cruz Rosales

Aguilar-Astudillo E., Rodríguez-Hernández, C., Bravo-Mojica, H., Soto-Hernández, R. M., Bautista-Martínez, N., Guevara-Hernández, F. (2019) Efecto insectistático de extractos etanólicos de clavo y pimienta en *Trialeurodes vaporariorum* West. (Hemiptera: Aleyrodidae). *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)*, 35, 1–11. <https://doi.org/10.21829/azm.2019.3502068>

RESUMEN. En el manejo de la mosca blanca *Trialeurodes vaporariorum* generalmente se hace uso de plaguicidas organosintéticos, aumentando cada vez más la frecuencia y la dosis de aplicación, lo que provoca resistencia en la plaga a los plaguicidas y eliminación de enemigos naturales, por lo que es imprescindible la búsqueda de alternativas que contribuyan a resolver el problema, sin deterioro del ambiente. Entre las diversas opciones, en los bioensayos se aplicaron al follaje de tomate los extractos etanólicos de clavo *Syzygium aromaticum* y pimienta *Pimenta dioica*, en plantas donde previamente se liberaron adultos de 2 d y en otras plantas se indujo la oviposición por 3 d. En estos bioensayos se registró la mortalidad de adultos y huevos ovipositados, así como huevos eclosionados. Los extractos al 1.0% de clavo causan 33.7% de mortalidad de adultos, 72.9% de inhibición de oviposición con CIO_{50} de 0.19, y de pimienta causan 32.5% de mortalidad de adultos; 65.8% de inhibición de oviposición; con CIO_{50} 0.46% y ambos extractos inhiben de 52.6 a 100% la eclosión de los huevos de mosca blanca con CIE_{50} s de 0.11 a 0.71% respectivamente, siendo total cuando se aplica el extracto de pimienta al 1.0% a huevos de 2 d de edad. La actividad de los extractos etanólicos de clavo y pimienta, principalmente insectistática; aunque puede llegar a tener efecto ovicida, es una aportación biorracial para integrarse al manejo ecológico de mosca blanca.

Palabras clave: *Syzygium aromaticum*; *Pimenta dioica*; extracto; mosca blanca; mortalidad



CC-BY-NC-SA

Reconocimiento –noComercial-CompartirIgual

Aguilar-Astudillo, E., Rodríguez-Hernández, C., Bravo-Mojica, H., Soto-Hernández, R. M., Bautista-Martínez, N., Guevara-Hernández, F. (2019) Insecticistic effect ethanol extracts of clove and pepper on *Trialeurodes vaporariorum* West. (Hemiptera: Aleyrodidae). *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)*, 35, 1–11. <https://doi.org/10.21829/azm.2019.3502068>

ABSTRACT. In the management the greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum*, organosynthetic pesticides are commonly used, increasing the frequency and doses of application, thus generating resistance of the pest to pesticides and eliminating natural enemies. Then, this make necessary to search for alternatives that contribute to solve the whitefly problem without deteriorating the environment at must. Among several options, bioassays were established applying ethanol extracts of clove *Syzygium aromaticum* and pepper *Pimenta dioica* to the leaves of tomato plants where 2-day-old adults were released in a bioassay, and on another set of tomato plants oviposition was previously induced for 3 d. Mortality of adults and laid eggs, as well as hatched eggs were recorded. The 1.0% clove extracts caused 33.7 adult mortality, 72.9% oviposition inhibition with CIO_{50} of 0.19, and pepper extracts caused 32.5% adult mortality, 65.8% oviposition inhibition with CIO_{50} s of 0.46%, and both inhibited from 52.6 to 100% hatching with CIE_{50} s from 0.11 to 0.71% respectively, it being total when 1.0% pepper extract is applied to 2-day-old eggs. It is suggested that activity of the clove and pepper ethanol extracts is mainly insecticistic, although it can have an ovicide effect, it is a biorational input to be integrated into the ecological management of the greenhouse whitefly.

Key words: *Syzygium aromaticum*; *Pimenta dioica*; extract; whitefly; mortality

INTRODUCCIÓN

En el manejo de la mosca blanca *Trialeurodes vaporariorum* Westwood 1856 (Hemiptera: Aleyrodidae)^{a1} generalmente se hace uso de plaguicidas sintéticos de forma indiscriminada, que solo ha sido un paliativo, aumentando cada vez más la frecuencia y dosis de aplicación; además, en ocasiones se aplican hasta del mismo grupo toxicológico, con lo que se genera resistencia en la plaga y se elimina a los enemigos naturales, lo que ocasiona un impacto ambiental negativo, contaminando el aire, agua y suelo, acumulando residuos en los productos agrícolas, e intoxicando al hombre (Rodríguez, 2004). Debido a estos problemas, se buscan alternativas ecológicas con las plantas que, como extractos crudos, acuosos y aceites esenciales, han mostrado ser repelentes, esterilizantes, disuasivos de oviposición y alimentación, reguladores de crecimiento y tóxicos (Gahukar, 2014; Romero *et al.*, 2015). Entre varias especies de plantas, el clavo *Syzygium aromaticum* (L.) Merril & Perry 1939 (Myrtales: Myrtaceae) y la pimienta *Pimenta dioica* (L.) Merril 1947 (Myrtales: Myrtaceae)^b se consideran promisorias para el manejo de esta plaga. Los compuestos de estas plantas presentan actividad insecticida (Trongtokit *et al.*, 2005; Guan *et al.*, 2007) y fumigante (Won-II *et al.*, 2003; Park & Shin, 2005; Dehghani & Ahmadi, 2013; Chao *et al.*, 2014) y llegan a provocar de 58 a 100% de mortalidad de adultos de mosca blanca *T. vaporariorum* a las concentraciones de 0.00023 y 0.00093 de los aceites esenciales de botones florales y de hoja de clavo y de pimienta *P. dioica* y *Pimenta racemosa* (Mill.) J.W. Moore 1933 (Myrtales: Myrtaceae) (Won-II *et al.*, 2003); así como, 50% de mortalidad de adultos de mosca blanca *Bemisia tabaci* Gennadius 1889 (Hemiptera: Aleyrodidae) a la concentración de 0.0013% de aceite esencial de clavo (Chao *et al.*, 2014). También inhiben la oviposición de en adultos de mosca blanca *B. tabaci* hasta en 80%, a la concentración de 0.4% de extracto crudo etanólico de clavo (Cruz-Estrada *et al.*, 2015) y 59.3% en adultos de mosca blanca *T. vaporariorum* a la concentración de 2.0% del extracto acuoso de pimienta (Aguilar *et al.*, 2013). Los aceites esenciales de clavo *S. aromaticum* y pimienta *P. dioica* inhiben la eclosión de huevos, a las concentraciones de 0.00023

^a La escritura de los nombres científicos, descriptor, año, orden y familia de insectos se tomó de Global Biodiversity Information Facility (GBIF, 2017) y de las plantas^b del International Plant Names Index (IPNI, 2016).



a 0.00093, provocan de 79 a 100% en huevos de mosca blanca *T. vaporariorum* (Won-II *et al.*, 2003) y el extracto acuoso de pimienta *P. dioica* a la concentración de 2.0%, causa 65.9% de inhibición de eclosión en huevos de *T. vaporariorum* (Aguilar *et al.*, 2013). No obstante, este avance en clavo *S. aromaticum*, no se ha evaluado la actividad insecticida e insectistática de los extractos etanólicos de estas plantas en *T. vaporariorum*. Por lo anterior, el objetivo de la presente investigación fue determinar el efecto de los extractos crudos etanólicos de clavo y pimienta en diferentes concentraciones, en adultos y huevos de mosca blanca *T. vaporariorum*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación se realizó de mayo de 2014 a diciembre de 2015 en los laboratorios de Fitoquímica del Campus Montecillo, Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, Estado de México y de Sanidad Vegetal, de la Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad Autónoma de Chiapas, Villaflores, Chiapas, México.

Para la obtención de los extractos crudos etanólicos, los frutos de clavo y pimienta, adquiridos en octubre de 2014 en tiendas comerciales de especias de la central de abasto en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, se molieron con un molino eléctrico marca estrella con motor de ½ HP, de 127 volts con 1700 rpm, hasta obtener un polvo fino. De cada material en polvo se colocaron 400 g en un frasco de 5 L, se aforó con etanol 98% y se dejó en maceración a temperatura ambiente por 48 horas. Después de colar el líquido, se colocó en reflujo a 60°C en baños termostáticos, utilizando un rota-evaporador Buchi® modelo R-114, del fabricante Pharma & Biotech de Alemania, por tres ciclos, cada uno durante 4 horas. El residuo se dejó secar a temperatura ambiente, obteniendo así los extractos crudos etanólicos de clavo y pimienta, los cuales se colocaron en frascos color ámbar de 50 mL a temperatura de 4°C hasta su utilización.

Para la obtención de las plantas de tomate, se sembró semilla variedad Río Grande, cada 15 d en 30 macetas de 18 cm de diámetro y 25 cm de profundidad con una mezcla de suelo de vega + compost, en una relación de 9:1, en una cámara de cría, proporcionando riego cada tercer día. A los 20-30 d unas plantas se usaron en la cría de mosca blanca y otras en los bioensayos.

En el caso de la obtención de la cría de mosca blanca *T. vaporariorum*, se colectaron con aspiradores manuales adultos de mosca blanca *T. vaporariorum* en los cultivos de tomate var. Rio Grande en las localidades de Villa Hidalgo y 16 de septiembre, municipio de Villaflores, Chiapas. La especie fue corroborada por la Dra. Laura Delia Ortega Arenas, del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Texcoco, Estado de México. Los adultos de mosca blanca colectados se confinaron en jaulas entomológicas de madera de 2 m³, cubiertas con tela de organza, donde se colocaron plantas de tomate var. Río Grande de 20-30 d de edad para la alimentación y oviposición de la mosca blanca.

La incubación de huevos, el desarrollo de ninfas y la emergencia de adultos de *T. vaporariorum* se realizaron en otras jaulas entomológicas y cuando se requirieron adultos para el bioensayo de mortalidad de adultos, se sacaron las plantas que tenían pupas y se colocaron en otra jaula durante 2 d para la emergencia de adultos, para realizar los bioensayos de mortalidad de adultos y de oviposición.

Mortalidad de adultos e inhibición de oviposición. En los bioensayos de mortalidad de adultos y oviposición, los extractos crudos etanólicos de clavo y pimienta preparados a las concentraciones de 0.000001, 0.00001, 0.0001, 0.001, 0.01, 0.1 y 1.0%, se aplicaron con un aspersor manual de 600 mL de plástico sin marca y modelo, a una planta de tomate de 20-30 d de edad, donde se seleccionaron cuatro hojas, cada una de ellas representó una repetición, enseguida se cubrieron individualmente con una bolsa de organza de 10 cm de longitud por 6 cm de ancho; posteriormente se introdujeron a cada bolsa 20 adultos de mosca blanca de 2 d de edad. El testigo, consistió en asperjar agua a una planta y de ésta, se seleccionaron

cuatro hojas que representaron las repeticiones. A las 24 h después de la aplicación de los tratamientos, se registró el número de adultos de mosca blanca muertos, y el número de huevos ovipositados en toda la hoja, lo cual se efectuó con el auxilio de un microscopio estereoscópico. La mortalidad se expresó en porcentaje, considerando el total de la población tratada y la oviposición como inhibición de ésta, la cual se calculó como la diferencia entre el porcentaje de oviposición del tratamiento, con la del testigo considerado como el 100%.

Inhibición de eclosión de huevos. En el segundo bioensayo sobre la eclosión de huevos, se colocó una bolsa de tela de organza de 10 cm de longitud y 6 cm de ancho sobre una hoja de tomate de 20-30 d, en donde se introdujeron durante 24 h, 25 adultos de diferente edad para oviposición. Esta actividad se realizó durante 3 d consecutivos en diferentes hojas cubiertas con bolsas, con el objeto de obtener hojas de tomate con huevos de 1, 2 y 3 d de edad.

En los bioensayos de eclosión de huevos se aplicaron a huevos de mosca blanca de 1, 2 y 3 d de edad los extractos crudos etanólicos de clavo y pimienta a las concentraciones de 0.01, 0.1 y 1.0%, con un aspersor manual de 600 mL de plástico sin marca y modelo, cada 24 horas durante 6 d, se registró diariamente el número de huevos eclosionados y hasta que los huevos de las hojas testigo alcanzaron 90-100% de eclosión. Al número de huevos eclosionados en el testigo se consideró como el 100% y al restarle el porcentaje de eclosión del tratamiento se obtuvo la inhibición de la eclosión.

Análisis estadístico. El análisis estadístico de los porcentajes de mortalidad de adultos y de inhibición de oviposición y de eclosión consistió en aplicar pruebas de los supuestos de normalidad y de homogeneidad, cuando no cumplieron, como en mortalidad y oviposición, se analizaron con estadística no paramétrica, utilizando la prueba de Kruskal Wallis y las medias se compararon con el análisis de promedios de rangos con valor de $p = 0.05$ y cuando cumplieron los supuestos, como en eclosión de huevos, se analizó con estadística paramétrica y para la prueba de comparación de medias se utilizó la prueba de Tukey al 0.5%. Además, a los datos de inhibición de oviposición y de eclosión de huevos se les aplicó el análisis probit para determinar la Concentración de Inhibición media de Oviposición (CIO_{50}) y la Concentración de Inhibición media de Eclosión (CIE_{50}), con el programa estadístico Infostat versión 2013 (Di Renzo *et al.*, 2013).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Mortalidad de adultos e inhibición de oviposición. En la mortalidad de adultos y la inhibición de oviposición de la mosca blanca *T. vaporariorum* provocada a las 24 horas por la aplicación de extractos crudos etanólicos de clavo y pimienta en hojas de tomate se observa que la mortalidad causada por ambos extractos a las concentraciones de 0.001 a 1.0% va de 13.7 a 33.7%, pero la concentración de 0.01% de clavo es estadísticamente igual al testigo y diferente a las demás concentraciones. En el efecto sobre la oviposición, el extracto crudo etanólico de clavo a las concentraciones de 0.0001 al 1.0% inhibe de 52.9 a 72.9%, y el extracto crudo de pimienta, las concentraciones de 0.1 y 1.0% inhiben el 45.2 y 65.8%; donde todas las respuestas son diferentes al testigo para ambos extractos (Cuadro 1).

La aspersión de los extractos crudos etanólicos de clavo y pimienta al 1.0% en plantas de tomate, logra eliminar aproximadamente una tercera parte de la población de adultos, lo que sugiere un leve efecto residual o fumigante a las 24 horas, en contraste con la oviposición, donde se sugiere un efecto insecticida, con 72.9 y 65.8% de inhibición de oviposición y con CIO_{50} de 0.19 y 0.46%. Acorde a estos valores de CIO_{50} , el extracto de clavo es más efectivo para inhibir la oviposición y la pimienta requiere más del doble para obtener la misma efectividad.



Cuadro 1. Mortalidad de adultos e inhibición de oviposición de mosca blanca con aplicación de extractos crudos etanólicos de clavo y pimienta.

Concentración (%)	Mortalidad (%)				Inhibición (%) de oviposición			
	Clavo	Pimienta	Clavo	Pimienta	Clavo	Pimienta	Clavo	Pimienta
1.0	*(33.7)	**29.2d	*(32.5)	**29.5d	*(72.9)	**5.5a	* (65.8)	**5.3a
0.1	(20.0)	22.5bcd	(15.0)	17.6bcd	(60.4)	11.4a	(45.2)	14.6a
0.01	(13.7)	16.6abcd	(20.0)	22.4cd	(61.4)	11.8ab	(38.6)	17.3ab
0.001	(22.5)	25.0cd	(17.5)	19.2bcd	(63.6)	9.8a	(36.5)	18.1ab
0.0001	(13.7)	15.0abc	(10.0)	12.1abc	(52.9)	16.3ab	(43.4)	15.4a
0.00001	(10.0)	11.2ab	(15.0)	17.6bcd	(39.0)	23.9bc	(44.5)	14.8a
0.000001	(7.5)	7.7a	(7.5)	9.0ab	(39.0)	23.3bc	(41.4)	17.0ab
0 (agua)	(3.7)	4.6a	(3.7)	4.5a	(-)	30.2c	(-)	29.6 b
CI ₅₀					0.19 (0.14-0.25) %		0.46 (0.31-0.63) %	

El efecto de estas plantas como extractos crudos etanólicos es más insecticida que insecticida; en cambio, cuando se aplican como aceites esenciales, se incrementa su actividad insecticida. Por ejemplo, los aceites esenciales de botones florales y de hoja de clavo impregnados en papel filtro a concentraciones de 0.00023 y 0.00093%, expuestos a adultos de mosca blanca *T. vaporariorum* por 24 horas, llegan a causar 90 y 58% de mortalidad, respectivamente (Won-II *et al.*, 2003); mientras que, a la concentración de 0.0013% de aceite esencial de clavo, elimina el 50% de la población de adultos de la mosca blanca *B. tabaci* (Chao *et al.*, 2014). En pimienta se ha encontrado que los aceites esenciales de *P. racemosa* y *P. dioica*, a la concentración de 0.00093%, ocasionan 100 y 79.0% de mortalidad de adultos de mosca blanca *T. vaporariorum*, respectivamente (Won-II *et al.*, 2003). Otros aceites esenciales de diferentes plantas también han sido efectivos contra mosca blanca, como los aceites esenciales del árbol de té *Melaleuca leucadendron* L. 1754 (Myrtales: Myrtaceae), a concentraciones de 0.00032 y 0.0016% provocan 100 y 50% de mortalidad, respectivamente (Pujiarti *et al.*, 2013); el laurel chileno *Laurelia sempervirens* (Ruiz & Pav.) Tul. 1855 (Atherospermataceae), a concentración de 0.00037% ocasiona 50% de mortalidad en *T. vaporariorum* (Zapata *et al.*, 2016); los aceites esenciales de frutos del pimentero brasileño *Schinus terebinthifolius* Raddi 1820 (Sapindales: Anacardiaceae) a las concentraciones de 0.0019 y 0.01% y de hojas de eucalipto limón *Corymbia citriodora* (Hook) K. D. Hill & L. A. S. Johnson, 1995 (Myrtales: Myrtaceae) a las concentraciones de 0.0025 y 24.9%, causan 50% de mortalidad de adultos de *Trialeurodes ricini* Misra 1924 y de *B. tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae), respectivamente (Hussein *et al.*, 2017).

Otros extractos etanólicos han mostrado mejor efectividad en adultos de mosca blanca, que la obtenida en la presente investigación, como los extractos etanólicos del nim *Azadirachta indica* A. Juss. 1830 (Sapindales: Meliaceae), vinca rosa *Catharanthus roseus* (L.) G. Don, 1837 (Gentianales: Apocynaceae), ruda *Ruta graveolens* L. 1753 (Sapindales: Rutaceae), bugambilia *Bougainvillea glabra* Choisy 1849 (Caryophyllales: Nyctaginaceae), lantana *Lantana camara* L. 1753 (Lamiales: Verbenaceae) y papa de oveja *Ruellia tuberosa* L. 1753 (Lamiales: Acanthaceae), que a concentraciones de 0.025 a 0.1% provocan hasta 91.9% de mortalidad de adultos de *B. tabaci* (Romero *et al.*, 2015). Otros extractos parecen tener mejor, similar o poco efecto que los observados en la presente investigación, como los extractos etanólicos del esparrago de río *Humulus lupulus* L. 1753 (Urticales: Cannabaceae) y garbancillo *Hyoscyamus niger* L. 1753 (Solanales: Solanaceae), que en una amplia gama de concentraciones de 1.0% a 15.0 pv, alcanzan hasta 79% de mortalidad de adultos de mosca blanca *T. vaporariorum* (Karaca & Gökcé, 2014). En contraste los extractos etanólicos de hierba santa *Piper auritum* Kunth 1816 (Piperales: Piperaceae) y rábano silvestre *Raphanus raphanistrum* L. 1753 (Brassicaceae), que a concentraciones de 11.6 y 18.5%, logran 50% de mortalidad de adultos de mosca blanca *T. vaporariorum* (Mendoza-García *et al.*, 2014).

La inhibición de 72.9% en la oviposición en *T. vaporariorum*, con CIO₅₀ de 0.19%, obtenida con la aplicación del extracto etanólico de clavo al 1.0% en esta investigación, es similar a la inhibición de 80% en la oviposición de *B. tabaci*, con CIO₅₀ de 0.25%, registrada con el extracto etanólico de clavo al 0.4% (Cruz-Estrada *et al.*, 2015). Este efecto también se obtiene con la pimienta; aunque en menor nivel. La aplicación de extracto acuoso de pimienta *P. dioica* al 2.0% inhibe en 59.3% la oviposición en *T. vaporariorum*, cuando se aplica en el cultivo de chile jalapeño en campo (Aguilar *et al.*, 2013) y cuando se asperja en cultivo de chile habanero a la concentración de 50:50 pv, inhibe en 56.4% de oviposición de *B. tabaci* en condiciones de confinamiento (González *et al.*, 2016).

La inhibición de oviposición en mosca blanca *T. vaporariorum* también se obtiene con los extractos etanólicos de otras plantas, como el estafiate *Ambrosia artemisiifolia* L. 1753 (Asterales: Asteraceae), hierba santa *P. auritum*, rábano silvestre *R. raphanistrum* y diente de león *Taraxacum officinale* (L.) Weber ex F. H. Wigg 1780 (Asterales: Asteraceae), que al 20%, causan hasta 69.5% de inhibición de oviposición (Mendoza-García *et al.*, 2014). Los extractos etanólicos de comino *Cuminum cyminum* L. 1753 (Apiales: Apiaceae), hinojo *Foeniculum vulgare* Mill 1768 (Apiales: Apiaceae), naranja *Citrus sinensis* (L.) Osbeck 1765 (Sapindales: Rutaceae), milenrama *Achillea millefolium* L. 1753 (Asterales: Asteraceae) y tomillo *Thymus vulgaris* L. 1753 (Lamiales: Lamiaceae) al 4%, inhiben hasta en 80.0% la oviposición de *T. vaporariorum* (Dehghani & Ahmadi, 2013). Incluso puede inhibir totalmente la oviposición; aunque con otro disolvente, como lo citan Karaca & Gökçe (2014) con el extracto acetónico de *H. lupulus* al 1.0 pv sobre la mosca blanca *T. vaporariorum*.

Inhibición de eclosión de huevos. La eclosión de huevos de 1, 2 y 3 d de edad, tratados por aspersión con el extracto crudo etanólico de clavo a 0.01, 0.1 y 1.0% en hojas de tomate, inicia a los 3, 4 y 2 d, respectivamente, y que la respuesta a la concentración de 0.01% es similar al testigo, cuando los huevos se tratan a la edad de 1 y 3 d, en el primero y último registró respectivamente, en contraste con la concentración de 0.1% aplicada en huevos de 1 d, donde la eclosión fue mayor que el testigo a los 3 d después de la aplicación del tratamiento. En las demás edades y tiempos de muestreo, todas las concentraciones reducen significativamente la eclosión, pero sin alcanzar el 0% de eclosión (Cuadro 2).

Cuadro 2. Eclosión (%) de huevos en 6 d e inhibición de eclosión en mosca blanca con aplicación de tres concentraciones del extracto crudo etanólico de clavo.

Edad (d) de huevo	Concentración (%)	No de huevos	Tiempo (d) después de la aplicación						Inhibición (%) de eclosión
			1	2	3	4	5	6	
1	1.0	98	0	0	12.2a	27.5a	27.5a	30.6a	68.0
	0.1	102	0	0	44.1c	49.0b	58.8c	68.6b	28.0
	0.01	85	0	0	31.8b	54.1c	55.3b	89.4c	6.5
	0 (agua)	90	0	0	33.3b	61.1d	89.4d	95.6d	=
CIE₅₀									0.71 (0.56-0.87)
2	1.0	104	0	0	0	17.0a	7.7a	-	92.1
	0.1	90	0	0	0	6.7b	40.0b	-	59.0
	0.01	120	0	0	0	75.0c	81.7c	-	16.2
	0 (agua)	80	0	0	11.2	33.7d	97.5d	-	=
CIE₅₀									0.34 (0.32-0.35)
3	1.0	85	0	0.0a	5.8a	8.2a	-	-	91.3
	0.1	90	0	40.0c	40.0b	73.3b	-	-	21.9
	0.01	110	0	36.4b	70.9c	94.5c	-	-	0.0
	0 (agua)	115	26.1	47.8d	83.5d	93.9c	-	-	=
CIE₅₀									0.53 (0.43-0.65)

Medias con letra iguales en las columnas no difieren significativamente ($p > 0.05$); = Al testigo, que tuvo eclosión normal, se consideró 100%; (-) Sin seguimiento a la eclosión, después de haber obtenido la máxima eclosión en el testigo.



La inhibición de la eclosión, cuando en el testigo se llegó a observar de 93.9 a 97.5% de eclosión, fue mayor en huevos de 2 d tratados con las tres concentraciones; aunque el efecto se manifestó solamente a los 4 y 5 d después de la aplicación, con CIE₅₀ de 0.34%, diferente con huevos de 1 y 3 d, que presentaron mayor valor de CIE₅₀ de 0.71 y 0.53% respectivamente, valores que se consideran de efecto insecticida similar por haber traslape en sus límites fiduciales.

La eclosión de huevos de mosca blanca de 1, 2 y 3 d de edad, tratados con 0.01, 0.1 y 1.0% del extracto crudo etanólico de pimienta, se inicia a los 3, 4 y 2 d, respectivamente, igual que en clavo. También se observó que, a los 4 d del tratamiento con la concentración de 0.01% aplicada en huevos de 2 d de edad, se incrementa la eclosión a más de lo normal. En las demás edades y tiempos las concentraciones del extracto, disminuye significativamente la eclosión, hasta menos del 50%, como en las tres concentraciones en huevos de 1 d y a las concentraciones de 0.1 y 1.0% en huevos de 2 d, en los últimos registros, incluso hasta disminuir totalmente la eclosión, como en el caso de la aplicación del extracto de pimienta al 1.0% en huevos de 3 d de edad, donde se observó esta efectividad desde la primera observación (Cuadro 3).

Cuadro 3. Eclosión (%) de huevos en 6 d e inhibición de eclosión en mosca blanca con aplicación de tres concentraciones del extracto crudo etanólico de pimienta

Edad (d) de huevo	Concentración (%)	No de huevos	Tiempo (d) después de la aplicación						Inhibición (%) de eclosión
			1	2	3	4	5	6	
1	1.0	120	0	0	5.0a	17.5a	36.7b	45.0b	52.6
	0.1	66	0	0	22.7c	22.7b	22.7a	22.7a	76.1
	0.01	75	0	0	12.0b	24.0b	36.0b	48.0b	49.5
	0 (agua)	60	0	15.0	40.0d	50.0c	90.0c	95.0c	=
CIE₅₀									0.61 (0.14-1.08)
2	1.0	54	0	0	0	11.1a	22.2a	-	75.3
	0.1	45	0	0	0	13.3a	20.0a	-	77.8
	0.01	81	0	0	0	37.0c	77.8b	-	13.6
	0 (agua)	30	0	0	10.0	30.0b	90.0c	-	=
CIE₅₀									0.43 (0.34-0.52)
3	1	81	0	0	0	0	-	-	100.0
	0.1	78	0	23.1a	46.2b	69.2a	-	-	38.8
	0.01	60	0	20.0a	30.0a	90.0b	-	-	10.0
	0 (agua)	45	53.3	53.3b	80.0c	100c	-	-	=
CIE₅₀									0.11 (0.07-0.16)

Medias con letra iguales en las columnas no difieren significativamente ($p > 0.05$); = Al testigo, que tuvo eclosión normal, se consideró 100%; (-) Sin seguimiento a la eclosión, después de haber obtenido la máxima eclosión en el testigo.

La comparación de las CIE₅₀ muestra que los huevos de mosca blanca *T. vaporariorum* tratados a los 3 d de edad son más susceptibles; requieren 0.11% del extracto etanólico para obtener la inhibición media de eclosión, a diferencia de los huevos de 2 y 1 d de edad que requiere 0.43 y 0.61% de extracto de pimienta en etanol, que tienen un segundo y tercer nivel de susceptibilidad, en cuanto más próximo están a eclosionar los huevos de mosca blanca son más susceptibles a este extracto crudo.

En la comparación de los extractos al 1.0% de ambas plantas, se evidencia que el extracto crudo etanólico de clavo aplicado a huevos de 2 y 3 d inhiben en 92.1 y 91.3% la eclosión, en tanto que el extracto crudo etanólico de pimienta aplicado a huevos de 3 d inhibe completamente la eclosión, siendo a la postre el tratamiento más efectivo con CIE₅₀ de 0.11%.

Para inhibir en 50% la eclosión de huevos de 1, 2 y 3 d de edad de mosca blanca *T. vaporariorum* con los extractos crudos etanólicos de clavo y pimienta, se requiere aplicar concentraciones de 0.11 a 0.71% de extracto; la pimienta inhibe la eclosión de manera más efectiva que el clavo, incluso puede ser total a la concentración del 1.0%.

Los extractos crudos etanólicos de clavo y pimienta a la concentración de 1.0% inhiben de 52.6 a 100% la eclosión de huevos, respectivamente. Esta efectividad se ha encontrado también cuando se aplican extractos acuosos de pimienta al 2.0% y a 50:50 p/v, en chile jalapeño y habanero, donde llegan a inhibir en 65.9 y 63.5% la eclosión de huevos de mosca blanca *T. vaporariorum*, respectivamente (Aguilar *et al.*, 2013) y *B. tabaci* (González *et al.*, 2016); mientras que, los aceites esenciales de botones florales y de hojas de clavo, pimienta *P. racemosa* y *P. dioica* a concentraciones de 0.00023 a 0.00093%, ocasionan 91, 94, 100 y 79% de mortalidad de huevos, respectivamente (Won-II *et al.*, 2003).

Una efectividad muy similar en la inhibición de eclosión de huevos, también se ha obtenido con otras plantas; por ejemplo, con eucalipto limón *C. citriodora*, pachuli *Pogostemon cablin* (Blanco) Benth 1848 (Lamiáceas: Lamiaceae) y tomillo *T. vulgaris*, en aceite esencial al 0.5%, inhiben en 73.4% la eclosión de huevos de *B. tabaci* (Nian-Wan *et al.*, 2010). La menta *Mentha spicata* L. 1753 (Lamiáceas: Lamiaceae) y comino *C. cyminum* en aceite esencial a 0.0012 y 0.0016%, inhiben en 72 y 65% la eclosión de huevos de *T. vaporariorum*, respectivamente (Fahim *et al.*, 2012). La cáscara de lima *Citrus aurantifolia* (Chritm.) Swingle 1820 (Sapindáceas: Rutaceae) en aceite esencial a 0.003%, inhibe hasta en 58% la eclosión de huevos de mosca blanca *T. vaporariorum* con el (Delkhoon *et al.*, 2013).

En general se ha observado en el presente trabajo que la aplicación de los extractos crudos etanólicos de clavo y pimienta a concentraciones de 0.000001 a 1.0% en follaje de tomate ocasiona hasta 33.7% de mortalidad de adultos a las 24 horas, inhibe hasta en 72.9% la oviposición y hasta en 100% la eclosión de huevos también afecta más a los huevos que a los adultos, como lo corroboran Won-II *et al.* (2003) y Chao *et al.* (2014). El mejor efecto de estos extractos es insecticida y no insecticida; presentan mayor efectividad para inhibir la oviposición y la eclosión, lo cual está acorde con Won-II *et al.* (2003) y Vinasco *et al.* (2015). La aplicación de estas opciones para el manejo de mosca blanca *T. vaporariorum* debe hacerse antes de que inicie la infestación de la mosca o cuando su población sea baja (preventivo), de lo contrario, cuando la población sea alta, se deben hacer aplicaciones constantes para mantener la efectividad en la oviposición y eclosión, en concordancia con lo que estipulan Vinasco *et al.* (2015). Aunque con estos extractos crudos no hay inhibición total de oviposición, es posible bajar la población de la mosca blanca a un nivel que no cause daño económico, por la interacción compleja de los compuestos que contienen los extractos, los cuales producen sinergia o efecto aditivo a bajas concentraciones, según Zarrad *et al.* (2015), resultando en un manejo ecológico de la plaga.

Las alternativas no químicas no persiguen resolver el problema entomológico matando a la plaga de la manera convencional, de tal manera que, para no contaminar el ambiente o intoxicar el usuario, optan por un manejo a través de otras estrategias para evitar la oviposición y eclosión, como se presenta en esta investigación; un cambio de paradigma que al no matar totalmente a la población e ir más allá del manejo, se podría cambiar el enfoque y lograr una protección del cultivo (Rodríguez & Djair, 2008), como se ha logrado, al incentivarle a las plantas los mecanismos de defensa contra el virus del mosaico de la calabaza (Rodríguez-Hernández *et al.*, 2013).

Esta alternativa insecticida debe integrarse a las demás medidas ecológicas, orgánicas y sostenibles, como el uso de sustancias homeopáticas, como lo ha documentado Rodríguez-Hernández *et al.* (2013), resistencia vegetal e inductores de resistencia (Kurra & Rani, 2015; Xiao-Wei *et al.*, 2017), entre otros; con el objeto de lograr el manejo en la fase crítica, considerando la fenología del cultivo y la biología de la plaga. El uso de etanol para elaborar los extractos crudos de clavo y pimienta, está acorde con las normas de agricultura orgánica, ya que extrae sustancias polares que son altamente biodegradables y



permiten evaporar el disolvente para almacenar los preparados y posteriormente utilizarlos. Esta investigación contribuye al manejo de la mosca blanca con el uso de extractos crudos etanólicos de clavo y pimienta con efecto insecticida de ambos, implementando otro modo de acción y un cambio de paradigma para evitar el deterioro del ambiente y optar por una producción inocua y orgánica como lo demandan los productores y la sociedad en general.

CONCLUSIONES

La aplicación de los extractos crudos etanólicos de los frutos de clavo *S. aromaticum* y pimienta *P. dioica*, a concentraciones de 0.000001 a 1.0% en hojas de tomate, causa hasta 33.7 y 32.5% de mortalidad de adultos de la mosca blanca *T. vaporariorum*, respectivamente, e inhibe hasta en 72.9 y 65.8% la oviposición de esta mosca blanca, con CIO_{50} s de 0.19 y 0.46% a las 24 horas, respectivamente, e inhibe la eclosión con CIE_{50} de 0.11 a 0.71%, y con la aplicación del extracto crudo etanólico de pimienta al 1.0%, en huevos de 3 d de edad a 1 d de tratamiento, hasta el 100% .

AGRADECIMIENTOS. A la Dirección General de Investigación y Posgrado de la Universidad Autónoma de Chiapas, al Programa para el Desarrollo Profesional Docente (PRODE) de la Secretaría de Educación Pública y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por el financiamiento otorgado para la realización de los estudios doctorales del primer autor.

LITERATURA CITADA

- Aguilar, A. E., Morales, M. C. J., Rosales, E. M. A., Rodríguez, H. C.** (2013) Manejo de mosca blanca *Trialeurodes vaporariorum* (Hemiptera: Aleyrodidae) con extractos de anona amarilla y pimienta gorda en los cultivos de tomate y chile, pp. 23–30. In: Rodríguez, H. C., Guzmán, R. M. (Eds.). *Métodos Alternativos Para el Manejo de Plagas*. Agricultura Sostenible 8. Colegio de Postgraduados y Sociedad Mexicana de Agricultura Sostenible. Montecillo, Texcoco, Estado de México., México.
- Chao, L. X., Feng H. J., Zhou, L., Long L. Z.** (2014) Evaluation of fumigant toxicity of essential oils of Chinese medicinal herbs against *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae). *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 2 (3), 164–169.
- Cruz-Estrada, A. E., Ruiz-Sánchez, E., Gamboa-Angulo, M.** (2015) Activity of *Eugenia winzerlingii* Standl extracts on *Bemisia tabaci* Gennadius (Hemiptera: Aleyrodidae). *Revista Protección Vegetal*, 30 (1), 38.
- Dehghani, M., Ahmadi, K.** (2013) Anti-oviposition and repellence activities of essential oils and aqueous extracts from five aromatic plants against greenhouse whitefly *Trialeurodes vaporariorum* Westwood (Homoptera: Aleyrodidae). *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 19 (4), 691–696.
- Delkhoon, S., Fahim, M., Hosseinzadeh, J., Panahi, O.** (2013) Effect of lemon essential oil on the developmental stages of *Trialeurodes vaporariorum* West. (Homoptera: Aleyrodidae). *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 46 (5), 569–574.
- Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., Balzarini M. G., Gonzalez, L., Tablada, M., Robledo, C. W.** (2013) InfoStat, versión 2013. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba. Argentina. Disponible en: <http://www.infostat.com.ar>. (Fecha de consulta septiembre 2017).
- Fahim, M., Safaralizadeh, M. H., Safavi, S. A.** (2012) Evaluation of susceptibility of egg, nymph and adult of greenhouse whitefly *Trialeurodes vaporariorum* (Hem: Aleyrodidae) to two plants essential oils (spearmint and cumin) under laboratory conditions. *Journal of Agricultural Science*, 22 (3), 27–35.

- Gahukar, T. R.** (2014) Potential and utilization of plant products in pest control, pp. 125–139. In: *Integrated Pest Management Current Concepts and Ecological Perspective*. Dharam P. Abrol (Ed.). Arag. Biotech Pvt. Ltd. Nagpur, India.
- GBIF** (2017) Free and Open Access to Biodiversity Data. Global Biodiversity Information Facility. Disponible en: <http://www.gbif.org/>. (Fecha de consulta abril 2017).
- González, V. N. A., Arcocha, G. E., Balan, C. F. R., Martínez, P. J. F.** (2016) Tres extractos botánicos y su efecto repelente sobre mosca blanca en chile habanero en confinamiento. Memoria 13^a. Convención Mundial del Chile. Campeche, México, pp. 239–244.
- Guan, W., Li, S., Yan, R., Tang, S., Quan, C.** (2007) Comparison of essential oils of clove buds extracted with supercritical carbon dioxide and other three traditional extraction methods. *Food Chemistry*, 101 (4), 1558–1564.
- Hussein, S. H., Salem, M. Z. M., Soliman, A. M.** (2017) Repellent, attractive, and insecticidal effects of essential oils from *Schinus terebinthifolius* fruits and *Corymbia citriodora* leaves on two whitefly species, *Bemisia tabaci*, and *Trialeurodes ricini*. *Scientia Horticulturae*, 216, 111–119.
- IPNI** (2016) The International Plant Names Index. Disponible en: <http://www.ipni.org>. (Fecha de consulta abril 2017).
- Karaca, Ç. I., Gökçe, A.** (2014) Toxic and behavioural effects of plant extracts to greenhouse whitefly [*Trialeurodes vaporariorum*, (West.) (Hemiptera: Aleyrodidae)]. *Turkiye Entomoloji Dernegi*, 38 (4), 459–466.
- Kurra, S., Rani P. U.** (2015) Withefly, *Trialeurodes ricini* (Genn.) feeding stress induced defense responses in castor, *Ricinus communis* L. plants. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 18, 425–431.
- Mendoza-García, E. E., Ortega-Arenas, D., Pérez-Pacheco, R., Rodríguez-Hernández, C.** (2014) Repellency, toxicity and oviposition inhibition of vegetable extracts against greenhouse whitefly *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Hemiptera: Aleyrodidae). *Chilean Journal of Agricultural Research*, 74 (1), 41–48.
- Nian-Wan, Y., Ai-Lian, L., Fang-Hao, W., Wan-Xue, L., Johnson, D.** (2010) Effects of plant essential oils on immature and adult sweetpotato whitefly, *Bemisia tabaci* biotype B. *Crop Protection*, 29, 1200–1207.
- Park, I. K., Shin S. C.** (2005) Fumigant activity of plants essential oils and components from garlic (*Allium sativum*) and clove oil bud (*Eugenia caryophyllata*) oils against the japanese termite (*Reticulitermes speratus*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53, 4388–4392.
- Pujiarti, R., Ohtani, Y., Ichiura, H., Nishimura, Y.** (2013) Insecticidal activity of *Melaleuca leucadendron* oil against greenhouse whitefly *Trialeurodes vaporariorum*. Bioenergy and Forest Product Chemistry. *Proceeding of the Fifth International Symposium of Indonesian Wood Research Society*, pp. 65–70.
- Rodríguez, H. C.** (2004) Plantas atrayentes de insectos plaga, pp. 203–234. In: Tornero, C. M., López, J. F. O., Aragón, A. G. (Eds.). *Ciencias Ambientales y Agricultura*. Publicación especial de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Puebla, México.
- Rodríguez, H. C., Djair, J.** (2008) Sustancias vegetales para el manejo de las moscas blancas, pp. 83–102. In: Ortega A. L. D., Fu, C. A. A., Lourenço, A. L., Rodríguez, H. C., Fugi, C. G. Q., García, V. F., Arredondo, B. H. C., Lara, R. J., Vendramim., J. D., Avilés, G. M. C., Nava, C. U., Carapia, R. V. E. (Eds.). *Mosca Blanca Temas Selectos sobre su Manejo*. Edit. Mundi-prensa. México.
- Rodríguez-Hernández, C., Cruz, B. N., Hernández, J. C., Ruíz, E. F. J.** (2013) Homeopáticos contra virus fitopatógenos y el caso del agronosode del virus del mosaico de la calabaza, pp. 75–90. In: Rodríguez, H. C., Guzmán, M. R. (Eds.). *Métodos Alternativos para el Manejo de Plagas*. Agricultura Sostenible 8. Colegio de Postgraduados y Sociedad Mexicana de Agricultura Sostenible. Montecillo, Texcoco, Estado de México. México.
- Romero, R., Morales, P., Pino, O., Cermeli, M., González, E.** (2015) Actividad insecticida de seis extractos etanólicos de plantas sobre mosca blanca. *Revista Protección Vegetal*, 30, 11–16.
- Trongtokit, Y., Rongsriyan, Y., Komalamisra, N., Apiwathnasorn, C.** (2005) Comparative repellency of 38 essential oils against mosquito bites. *Phytotherapy Research*, 19 (4), 303–309.



- Vinasco, A. N., Salazar, P. E., Soto, G. A., Mejía, G. L. F., Dussan, L. C.** (2015) Efecto de *Jatropha urens* (Euphorbiaceae) y *Lantana camara* (Verbenaceae) sobre *Trialeurodes vaporariorum* (Hemiptera: Aleyrodidae). *Revista de Ciencias Agrícolas*, 32 (1), 55–64.
- Won-II, C., Eun-Hee, L., Byeoung-Ryeol, C., Hyung-Man, P., Young-Joon, A.** (2003) Toxicity of plant essential oils to *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidae). *Journal of Economic Entomology*, 96 (5), 1479–1484.
- Xiao-Wei, W., Ping, L., Shue-Sheng, L.** (2017) Whitefly interactions with plants. *Current Opinion in Insect Science*, 19, 70–75.
- Zapata, N., Vargas, M., Latorre, E., Roudergue, X., Ceballos, R.** (2016) The essential oil of *Laurelia sempervirens* is toxic to *Trialeurodes vaporariorum* and *Encarsia Formosa*. *Industrial Crops and Products*, 84, 418–422.
- Zarrad, K., Hamouda, A. B., Chaieb, I., Laarif, A., Mediouni-Ben, J. J.** (2015) Chemical composition, fumigant and anti-acetylcholinesterase activity of the Tunisian *Citrus aurantium* L. essential oils. *Industrial Crops and Products*, 76, 121–127.