

# THE JOURNAL OF AGRICULTURE OF THE UNIVERSITY OF PUERTO RICO

---

Issued by the Agricultural Experiment Station of the University of Puerto Rico, Mayagüez Campus, for the publication of articles and research notes by staff members or others, dealing with scientific agriculture in Puerto Rico and elsewhere in the Caribbean Basin and Latin America.

---

VOL. 95

JULY AND OCTOBER 2011

No. 3-4

---

## Toxicidad de extractos vegetales para el control de *Trialeurodes vaporariorum* W. (Homoptera: Aleyrodidae) en laboratorio y en cultivo de tomate en invernadero<sup>1,2</sup>

Octavio Ángeles-Martínez<sup>3</sup>, Ma. Rosario García-Mateos<sup>3\*</sup>,  
Enrique Rodríguez-Pérez<sup>3</sup>, Edna Sánchez-Álvarez<sup>4</sup> y  
Marcos Soto-Hernández<sup>5</sup>

J. Agric. Univ. P.R. 95(3-4):117-132 (2011)

### RESUMEN

La investigación de insecticidas naturales en forma de extractos de plantas ha recibido constante atención y varios de estos extractos han sido evaluados por su efectividad como insecticidas. Para determinar el efecto tóxico de seis especies de plantas *Arundo donax* L. (Poaceae), *Brassica*

<sup>1</sup>Sometido a la Junta Editorial el 15 de diciembre de 2010.

<sup>2</sup>Los autores agradecen la colaboración para la identificación taxonómica de *Hura polyandra* al Dr. Enrique Guizar Nolazco, encargado del Herbario de la División de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma de Chapingo (UACH) y para la identificación de las especies restantes a la Botánica M.C. Ernestina Portugués, encargada del Herbario del Departamento de Preparatoria Agrícola de la misma institución. Asimismo, al Dr. Juan Fernando Solís Aguilar, especialista en Entomología del Departamento de Parasitología de la Universidad Autónoma Chapingo por la identificación de *T. vaporariorum* en su estado ninfal.

<sup>3</sup>Instituto de Horticultura, Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo. Carretera México-Texcoco km 38.5. Chapingo, Estado de México. 56230. México. \*Autor para correspondencia, correo-electrónico: rosgar08@hotmail.com

<sup>4</sup>Departamento de Suelos, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México, México.

<sup>5</sup>Programa de Botánica, Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Estado de México. Carretera México-Texcoco km 35.5. C.P. 56230. México.

*campestris* L. (Brassicaceae), *Cynodon dactylon* L. (Poaceae), *Hura polyandra* Baill. (Euphorbiaceae), *Phytolacca icosandra* L. (Phytolaccaceae) y *Sida acuta* Burn. (Malvaceae) sobre *Trialeurodes vaporariorum* W. (Homoptera: Aleyrodidae) (mosca blanca en estadio adulto), evaluamos el grado de mortalidad y la dosis letal (CL<sub>50</sub>) de los extractos metanólico y acuoso en un experimento bajo condiciones de laboratorio e invernadero en un cultivo de *Lycopersicum esculentum* Mill. (Solanaceae). El análisis de varianza y la prueba de comparación de medias (Tukey,  $\alpha = 0.05$ ) mostraron una tendencia del extracto metanólico de seis especies hacia un mayor grado de mortalidad y de CL<sub>50</sub> comparado con esos parámetros en el extracto acuoso bajo condiciones de laboratorio e invernadero. Los extractos metanólico y acuoso de *A. donax* y *P. icosandra* mostraron la más alta toxicidad bajo condiciones de laboratorio (39.5 y 40.5%, respectivamente) e invernadero (23.3 y 26.3%, respectivamente). Los tratamientos no interfirieron con la producción de tomate, por lo que se puede confirmar la eficacia del uso de los extractos *A. donax* y *P. icosandra* para el control de *T. vaporariorum* como una alternativa para el control de la plaga en un cultivo a campo abierto sin contaminar el medio ambiente.

Palabras clave: extractos vegetales, mosca blanca, tomate, toxicidad

#### ABSTRACT

Toxicity of plant extracts for control of *Trialeurodes vaporariorum* W. (Homoptera: Aleyrodidae) in laboratory and greenhouse tomatoes

The constant search for natural insecticides in the form of extracts from many plants has received attention, and many of these extracts have been evaluated for their effectiveness as insecticides. To determine the toxic effect of six plant species *Arundo donax* L. (Poaceae), *Brassica campestris* L. (Brassicaceae), *Cynodon dactylon* L. (Poaceae), *Hura polyandra* Baill. (Euphorbiaceae), *Phytolacca icosandra* L. (Phytolaccaceae) and *Sida acuta* Burn. (Malvaceae) on *Trialeurodes vaporariorum* W. (Homoptera: Aleyrodidae) (adult whitefly), we evaluated the mortality rate and the lethal concentration (LC<sub>50</sub>) of the methanolic and aqueous extracts under laboratory and greenhouse conditions in a culture of *Lycopersicum esculentum* Mill. (Solanaceae). Analysis of Variance ANOVA and a test of comparison of means (Tukey,  $\alpha = 0.05$ ) showed a tendency of the methanolic extract in the six species towards a higher mortality rate and LC<sub>50</sub> compared to that of the aqueous extract, both under greenhouse and laboratory conditions. The methanolic and aqueous extracts of *A. donax* and *P. icosandra* showed a higher toxicity under laboratory conditions (39.5 y 40.5%, respectively) than under greenhouse conditions (23.3 and 26.3%, respectively). The Treatments did not interfere with the tomato yield; so we are able to confirm the effectiveness of *A. donax* and *P. icosandra* extracts in the control of *T. vaporariorum*, which represents an ecological alternative for pest control in open field crops.

Key words: extracts, tomato, toxicity, white fly

#### INTRODUCCIÓN

En la agricultura mexicana la actividad hortícola es una de las más dinámicas y con mayor capacidad exportadora. De los principales pro-

ductos hortícolas sobresale el cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.; Solanaceae), uno de los cultivos con mayor área de cultivo y producción mundial. En 2009, México ocupó el décimo lugar mundial en la producción con 2.5 millones de toneladas, siendo China el mayor productor y Estados Unidos el segundo, con 45.3 y 14.1 millones de toneladas, respectivamente (FAO, 2009).

Dada la importancia económica de este cultivo, se hace patente el esfuerzo tecnológico en la identificación y tratamiento de plagas y enfermedades (Velasco et al., 2004). Una de las plagas que afecta la producción del cultivo de tomate (Agoitia, 2003; Anónimo, 2007), es la infestación por la plaga *Trialeurodes vaporariorum* Westwood, comúnmente llamada mosca blanca (Jauset et al., 1998).

Una alternativa para el combate de plagas es el uso de insecticidas naturales, aleloquímicos aislados principalmente de vegetales (Regnault-Roger et al., 2004). Actualmente, la literatura señala que los bioinsecticidas o insecticidas naturales constituyen una alternativa satisfactoria a la preocupación del cuidado del medio ambiente y a las exigencias actuales de la defensa fitosanitaria de los productos hortícolas (Regnault-Roger et al., 2004). Al respecto, Regnault-Roger et al. (2004) mencionan que una buena alternativa contra las plagas es el uso de insecticidas naturales aislados de plantas. Sin embargo, muchos metabolitos secundarios, como insecticidas o disuasorios alimentarios, aún se encuentran en estudio (Ulrichs et al., 2008).

Diversos ingredientes activos (Dudai et al., 1999; Rizwan-ul-Haq et al., 2009) se han identificado en las familias Meliaceae, Rutaceae, Asteraceae, Labiatae y Piperaceae (Regnault-Roger et al., 2004; Ulrichs et al., 2008; De Souza et al., 2009), Annonaceae, Cannellaceae, Labiateae, Meliaceae, Mimosaceae, Rutaceae, Sapindaceae, Solanaceae (Zabel et al., 2002; González-Coloma et al., 2005; Ybarra et al., 2005; Isman et al., 2006), Fabaceae (García-Mateos et al., 2004), Phytolaccaceae (García-Mateos et al., 2007). Estos ingredientes merecen ser valorados como productos fitosanitarios (Regnault-Roger et al., 2004; De Souza et al., 2009). Sin embargo, el cambio climático ha producido numerosos cambios en la distribución y abundancia de las especies vegetales y los escenarios futuros predicen, entre otras, el riesgo de la extinción de algunas plantas (Thomas et al., 2004). Esto significa una pérdida del potencial que representa el conocimiento de sus metabolitos con propiedades insecticidas. Por lo que existe la necesidad de realizar estudios fitoquímicos y evaluar la actividad biológica de plantas con la finalidad de identificar los principios activos en beneficio del hombre, particularmente sobre todo aquellas que no han sido estudiadas.

Con base en lo anterior, el objetivo de este proyecto fue evaluar en el laboratorio y en un cultivo de tomate en condiciones de invernadero,

la toxicidad de los extractos de seis especies de plantas *Hura polyandra* B., *Arundo donax* L., *Brassica campestris* L., *Cynodon dactylon* L., *Sida acuta* B. y *Phytollacca icosandra* L. contra *T. vaporariorum* W. con la finalidad de valorar mediante bioensayos su persistencia y potencial como insecticidas naturales eficaces.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Colecta del material vegetal

En el Cuadro 1 se muestran los sitios de colecta y el tejido de las especies vegetales que se utilizaron para el estudio.

### Preparación de los extractos

El material se secó en una estufa a temperatura constante de 50° C durante 48 h; una vez deshidratado se molió en un molino Thomas-Wiley mill (Thomas Scientific, Swedesboro, NJ, EE.UU.)<sup>6</sup> hasta obtener una harina. Se prepararon diferentes concentraciones del extracto acuoso (5, 10 y 15 % p/v) para las pruebas en laboratorio y (10, 20 y 30% p/v) en campo. Se colocó la harina de cada muestra en 100 ml de agua destilada, se dejó macerar a temperatura ambiente por 24 h y después se filtró; cada extracto se preparó 24 h antes de su aplicación en las pruebas de laboratorio y en cultivo de tomate para evitar la formación de microorganismos. De la harina de cada especie previamente desengrasada con hexano en un equipo soxhlet durante 48 h se preparó separadamente el extracto metanólico mediante el tratamiento por reflujo con metanol en un equipo soxhlet durante 48 h. Los extractos orgánicos se concentraron por evaporación del metanol a presión reducida en un rotaevaporador Büchi (García-Mateos et al., 2007). De cada extracto se preparó una solución madre y después por dilución se prepararon las concentraciones 0.1, 1.0 y 5.0% v/v para las pruebas en laboratorio y 5, 10 y 20% v/v para campo 24 h antes de su aplicación. Los rendimientos que se obtuvieron en cada extracción por especie se muestran en el Cuadro 1.

### Colecta de *Trialeurodes vaporariorum*

La recolecta de ninfa y adulta de *T. vaporariorum* se realizó en un cultivo de tomate en los invernaderos en el Campo Agrícola Experimental de la Universidad Autónoma Chapingo en la colonia

<sup>6</sup>Los nombres de compañías y de marcas registradas sólo se utilizan para proveer información específica y su uso no constituye garantía por parte de la Estación Experimental Agrícola de la Universidad de Puerto Rico, ni endoso sobre otros productos o equipo que no se mencionan.

CUADRO 1. *Coordenadas geográficas de los sitios de recolecta, tipo de tejido y rendimiento del extracto metanólico de las seis especies de estudio.*

Espece	Familia	Lugar de recolecta	Ubicación	Tejido para estudio	Extracto metanólico (g 100 /mg p. s.)
<i>Arundo donax</i>	Poaceae	Tepalcingo, Morelos	18°26' LN y 98°18' LO	Raíz	32.0
<i>Brassica campestris</i>	Brassicaceae	Texcoco, Estado de México	19°30' LN y 98°53' LO	Toda la planta	14.0
<i>Cynodon dactylon</i>	Poaceae	Texcoco, Estado de México	19°30' LN y 98°53' LO	Toda la planta	6.0
<i>Hura polyandra</i>	Euphorbiaceae	Lázaro Cárdenas, Michoacán	17°57' LN y 102°12' LO	Semillas	40.0
<i>Sida acuta</i>	Malvaceae	Cuernavaca, Morelos	19°12'LN y 99°20' LO	Toda la planta	18.0
<i>Phytollacca icosandra</i>	Phytolaccaceae	Cuernavaca, Morelos	19°12'LN y 99°20' LO	Parte aérea	35.0

LN = latitud norte; LO = latitud oeste; p.s. = peso seco.

Netzahualcóyotl (Boyeros) Municipio de Texcoco, Estado de México. La reproducción se realizó con los adultos introducidos en jaulas de madera de 120 × 60 cm con las paredes y la parte superior cubiertas con tela de organza. En el interior de cada jaula se colocó una plántula de frijol como sustrato para la oviposición de las hembras, estas se mantuvieron a una temperatura de  $23 \pm 5$  °C, fotoperiodo de 12 horas de luz y con un higrotermómetro digital se midió la humedad relativa que varió de 60 a 70%. Las plantas infestadas se trasladaron a otra jaula para esperar la emergencia de los adultos de la primera generación, se mantuvieron sobre la plántula por un lapso de una semana, y después se retiraron con ayuda de un aspirador.

### **Bioensayo en laboratorio**

Se introdujo un foliolo de tomate extendido en una caja Petri de 5.5 cm de diámetro (Unidad experimental, UE); a cada uno se le colocó en la base un algodón humedecido con agua destilada para ayudar a su hidratación. Los foliolos se asperjaron con el extracto correspondiente al tratamiento asignado. Se dejó evaporar el extracto a temperatura ambiente, después se colocaron con la ayuda de un aspirador 30 moscas blancas adultas en cada caja y se cubrieron con tela de organza. Cada tratamiento constó de cuatro repeticiones, el mismo número se aplicó para el testigo (agua destilada). Se realizaron seis lecturas del número de moscas muertas durante 48 h, mediante conteos cada 8 h. En este período, la temperatura ambiental varió de 18 a 26 °C, y la humedad relativa varió de 60 a 70% (García-Mateos et al., 2007).

### **Bioensayo en invernadero**

La germinación, el trasplante y el establecimiento del cultivo de tomate se realizó en el área de invernaderos del Departamento de Suelos de la Universidad Autónoma Chapingo, ubicado en el Estado de México a los 19°29' de LN y 98°53' de LO, con una altitud media de 2,251 m. La siembra de las semillas de tomate (*Lycopersicon esculentum*, Híbrido Sun 7705), se inició en charolas de polietileno, utilizando vermiculita esterilizada y como sustrato agrolita. El sustrato se regó con agua destilada durante la germinación, la temperatura se mantuvo de 20 a 30 °C, iniciando la aplicación de la solución nutritiva de Steiner (Steiner, 1961) a la tercera semana de su germinación, las semillas empezaron a germinar a los 12 días. A la quinta semana de germinación las plántulas se establecieron en bolsas de polietileno de 35 cm de altura, 21 cm de largo y 18 cm de ancho con tezontle como sustrato. En el invernadero se agruparon 31 plantas con 30 cm de distancia entre ellas; se formaron cuatro bloques o columnas con 100 cm de distancia entre pasillos para tener un total de 124 plantas. Se colocaron tutores, se podaron yemas

laterales y solamente se dejaron desarrollar cinco racimos de frutos por planta. El riego del cultivo se realizó manualmente dos veces al día con la solución nutritiva de Steiner, y durante la floración se aplicó 0.5 L de la solución nutritiva. Durante la fructificación la solución nutritiva se incrementó a 2 L por planta.

De manera aleatoria se eligieron 64 plantas a las que se les asignaron los tratamientos de acuerdo con un diseño de bloques al azar. Las plantas se aislaron a través de jaulas entomológicas cubiertas con tela de organza de 150 cm de largo por 40 cm de diámetro. Se seleccionaron las moscas blancas en etapa adulta (30 días antes de su ciclo reproductivo). La captura se ejecutó con un aspirador; posteriormente, se introdujeron 100 moscas blancas adultas por cada planta (UE) durante la etapa de floración. Después de 15 d de adaptación se verificó el número de moscas adultas. Cada UE se asperjó en dos ocasiones (cada 7 d) cada una con 80 mL por concentración de extracto por especie. El conteo del número de mosquitas muertas se realizó cada 12 h (mañana y tarde) durante 15 d. Se realizaron cuatro repeticiones y como testigo se usó agua destilada. Los tratamientos fueron asignados de manera aleatoria de acuerdo con un diseño de bloques al azar

Durante la realización del experimento se registró una temperatura de 25 a 36 °C y una humedad relativa entre 60 y 65%. Las variables que se evaluaron fueron porcentaje de mortalidad y concentración letal media ( $CL_{50}$ ) de cada extracto por especie, así como el crecimiento del diámetro (diámetro ecuatorial del fruto), peso del fruto y peso de frutos por planta. Durante el desarrollo del cultivo no se aplicaron insecticidas.

### **Análisis fitoquímico**

Con la finalidad de asociar el efecto tóxico con el tipo de metabolito secundario (alcaloides, fenólicos y terpenoides) presente en cada extracto, se realizó un análisis fitoquímico del extracto metanólico de cada especie. La identificación se realizó por cromatografía en capa fina (CCF) aplicando 1  $\mu$ l de cada extracto en cromatoplasmas de gel de sílice 60 F254 (Merck). Para la detección de flavonoides se empleó como eluyente una mezcla de butanol: ácido acético: agua (BAW) en una proporción de 40:10:50% v/v, los agentes cromogénicos fueron 2-aminoetil difenilborinato (NP) y polietilenglicol 4000 (PEG). Los componentes se visualizaron a una longitud de onda de 365 nm para observar la fluorescencia de color anaranjado esperada para flavonoides (Wagner y Bladt, 1996). Para la detección de alcaloides se usó como eluyente metanol:diclorometano (8:2% v/v) y el agente cromogénico fue el reactivo de Dragendorff, la presencia de manchas color marrón indicaron la presencia de alcaloides. Para la identificación de terpenoides se utilizó

una mezcla de tolueno:acetato de etilo (93:7% v/v), el agente cromogénico empleado fue vainillina al 1% en etanol y ácido sulfúrico al 10% en etanol, la presencia de manchas en la placa de color violeta fue prueba positiva para terpenoides (Wagner y Blatt, 1996).

### Análisis estadístico

Se realizó un Análisis de Varianza (ANOVA) y una prueba de comparación de medias (Tukey,  $P < 0.05$ ) con el porcentaje de moscas muertas mediante el programa de cómputo Statistical Analysis System (SAS), versión 8.0. El análisis estadístico Probit (Finney, 1971) permitió calcular la concentración letal media ( $CL_{50}$ ).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Porcentaje de mortalidad en laboratorio e invernadero

El extracto metanólico mostró mayor toxicidad en *T. vaporariorum* en etapa adulta, debido a que se encontró el porcentaje más alto de mortalidad (36.3%) en comparación con la mortalidad con el extracto acuoso (17.9%) en las seis especies en la evaluación del laboratorio. El mismo efecto se encontró en condiciones de invernadero, 29.7 y 6.2% de mortalidad para el extracto metanólico y acuoso, respectivamente. Las diferencias de mortalidad encontradas entre los extractos metanólico y acuoso pueden deberse a la diferente polaridad de los disolventes y a la afinidad de estos por algunos metabolitos de diferente naturaleza química. La mayor mortalidad observada en el extracto metanólico de naturaleza menos polar que el extracto acuoso, facilita su absorción y translocación en el insecto, así como el posible movimiento a través de las membranas hacia el sitio de acción (Ujváry et al., 1992).

La comparación de medias de especies indicó el efecto de los extractos metanólico y acuoso de estas en condiciones de laboratorio. Al comparar las concentraciones aplicadas de cada una, se observó que el extracto metanólico de *C. dactylon* no logró superar al testigo y el extracto de *B. campestris* solamente con la concentración de 5%. Se encontraron diferencias estadísticas del porcentaje de mortalidad del extracto metanólico entre las diferentes concentraciones de las especies con respecto al testigo. Por otra parte, en los extractos metanólico de *A. donax*, *P. icosandra* y *S. acuta* hubo diferencias entre las concentraciones menores; pero en las concentraciones mayores no difirieron estadísticamente ( $\alpha = 0.05$ ) con los más altos porcentajes de moscas muertas (Cuadro 2), por lo que cualquiera de estas especies podría considerarse para su uso en el control de la plaga. En el extracto acuoso, las concentraciones de cada especie no difirieron ( $\alpha = 0.05$ ) en su efecto sobre los insectos muertos y solamente los extractos de *A. donax*, *P. icosandra* y *S. acuta* lograron superar al testigo ( $\alpha = 0.05$ ).

CUADRO 2. Porcentaje de mortalidad de *Trialeurodes vaporariorum* por efecto de los extractos por especie a diferentes concentraciones en laboratorio.

Especie	Concentración (%)					
	Extracto metanólico			Extracto acuoso		
	0.1	1.0	5.0	5.0	10.0	15.0
<i>Arundo donax</i>	38.0 c-h*	51.0 a-d	68.0 a	26.0 f-m	24.0 g-n	30.0 f-k
<i>Brassica campestris</i>	14.0 k-q	13.0 l-q	23.0 g-n	9.0 m-q	8.0 n-q	11.0 l-q
<i>Hura polyandra</i>	42.0 b-f	49.0 b-e	53.0 a-d	14.0 k-q	20.0 i-q	20.5 h-o
<i>Phytollacca icosandra</i>	36.0 d-i	52.0 a-d	61.0 a-b	28.0 f-l	33.0 e-j	33.0 e-j
<i>Sida acuta</i>	22.0 h-n	40.0 b-g	55.0 a-c	14.0 k-q	23.0 g-n	24.0 g-n
<i>Cynodon dactylon</i>	9.0 m-q	12.0 l-q	16.0 j-q	2.0 p-q	0.7 q	3.0 o-q
Testigo	3.0 o-q					
DMHS	17.7					

\*Cifras con letras iguales en general sin diferencias estadísticas (Tukey,  $\alpha = 0.05$ ); DMHS = Diferencia Mínima Honesta Significativa.

En condiciones de invernadero, para el extracto metanólico se encontraron diferencias estadísticas ( $\alpha = 0.05$ ) entre las concentraciones de las diferentes especies, superando al testigo. No se observaron diferencias entre las concentraciones más altas de los extractos de *A. donax*, *P. icosandra* y *S. acuta*, como se observó en las condiciones de laboratorio (Cuadro 3). Con respecto al extracto acuoso, sólo se observó diferencias en las concentraciones aplicadas de *P. icosandra* con respecto a las concentraciones de las especies restantes; en contraste el extracto de *B. campestris* no logro superar al testigo. Las especies *A. donax*, *P. icosandra* y *S. acuta* tuvieron respuesta inferior a la obteni-

CUADRO 3. Porcentaje de mortalidad de *Trialeurodes vaporariorum* por efecto de los extractos por especie a diferentes concentraciones en invernadero.

Especie	Concentración (%)					
	Extracto metanólico			Extracto acuoso		
	5.0	10.0	20.0	10.0	20.0	30.0
<i>Arundo donax</i>	32.0 b-f*	37.0 a-c	45.0 a	15.0 g-l	18.0 g-k	24.0 d-h
<i>Brassica campestris</i>	8.0 j-l	10.0 i-l	37.5 ab	5.0 l	8.0 j-l	10.0 i-l
<i>Hura polyandra</i>	20.7 f-i	36.0 a-d	37.0 a-c	11.0 i-l	12.0 h-l	15.0 g-l
<i>Phytollacca icosandra</i>	22.0 e-i	36.0 a-d	40.0 a-b	14.0 h-l	19.0 g-j	27.0 c-g
<i>Sida acuta</i>	14.0 h-l	34.0 a-e	37.0 a-c	12.0 h-l	12.7 h-l	20.0 f-j
Testigo	6.2 kl					
DMHS	12.46					

\*Cifras con letras iguales en general sin diferencias estadísticas (Tukey,  $\alpha = 0.05$ ); DMHS = Diferencia Mínima Honesta Significativa

da en el extracto metanólico. El extracto acuoso de *C. dactylon* no se evaluó en invernadero debido a que este no presentó actividad en el bioensayo del laboratorio.

Las diferencias estadísticas que se presentan en el Cuadro 4 permiten inferir nuevamente que los extractos de *A. donax* y *P. icosandra* resultaron ser los extractos más tóxicos, tanto en laboratorio como en invernadero; los de *B. campestris* y *C. dactylon* fueron los de menor efecto tóxico en ambas condiciones. La toxicidad selectiva de los extractos a las moscas adultas se puede deber a: 1) al perfil fitoquímico de cada extracto por especie o a la presencia de metabolitos de diferente naturaleza química; 2) a la capacidad de penetración del extracto en el insecto; y 3) a la diferente solubilidad de los aleloquímicos en metanol y agua (García-Mateos et al., 2007).

Cabe mencionar que en todas las evaluaciones de toxicidad, los extractos metanólico y acuoso resultaron ser más tóxicos en laboratorio que en invernadero. Al respecto, en pruebas con extractos metanólico y de diclorometano de *P. alliacea* en mosca blanca, también se observó mayor mortalidad en condiciones de laboratorio que en las de invernadero (García-Mateos et al., 2007). Esta diferencia se puede deber a que los extractos, como sus componentes, son más susceptibles a su degradación por las condiciones ambientales del invernadero (Ortega, 1999). Según Prabhaker et al. (1999) la radiación solar, la temperatura y el viento, y otros factores ambientales pueden actuar como degradantes. Esa es la ventaja de usar insecticidas naturales debido a que estos son menos persistentes y tóxicos (Regnault-Roger et al., 2004).

Lewis y van Endmen (1986), sin embargo, señalan que los ensayos realizados con insectos en campo pueden confirmar los resultados

CUADRO 4. Comparación de la mortalidad en adultos en *Trialeurodes vaporariorum* por efecto de los extractos por especie en laboratorio e invernadero.

Especies	% Mortalidad	
	Laboratorio	Invernadero
<i>Arundo donax</i>	39.5 a*	26.3 a
<i>Brassica campestris</i>	13.0 c	13.1 c
<i>Hura polyandra</i>	33.1 ab	21.9 b
<i>Phytolacca icosandra</i>	40.5 a	26.3 a
<i>Sida acuta</i>	29.7 b	21.6 b
<i>Cynodon dactylon</i>	7.1 cd	—
Testigo	3.0 d	6.2
DMHS	7.9	5.53

\*Cifras con letras iguales en general sin diferencias estadísticas por columna (Tukey,  $\alpha = 0.05$ ); DMHS = Diferencia Mínima Honesta Significativa.

obtenidos en el laboratorio, aunque estos últimos no pueden ser extrapolados a los ensayos realizados en campo o invernadero, debido a diversos factores, como a la alteración de las sustancias por factores ambientales y adaptación del insecto al uso de sustratos artificiales en el laboratorio.

Pocos son los estudios que señalan la toxicidad de extractos orgánicos en campo para poder establecer comparaciones; sin embargo, los estudios en laboratorio permiten identificar sustancias o metabolitos, en algunos casos con mayor potencial tóxico que sus extractos. Así mismo, pueden servir de modelo para la síntesis de nuevos insecticidas naturales o fitoinsecticidas. La evaluación del extracto acuoso en campo se justifica porque tiene menos implicaciones ecológicas.

**Concentración Letal Media (CL<sub>50</sub>)**

En la Figura 1 se muestra la CL<sub>50</sub> del extracto metanólico de las seis especies en mosca blanca en condiciones de laboratorio y de invernadero. Los extractos metanólicos de *A. donax* y *P. icosandra* registraron los valores más bajos para matar a la mitad de la población (CL<sub>50</sub>), tanto en laboratorio (0.57 y 0.84%, respectivamente) como en invernadero

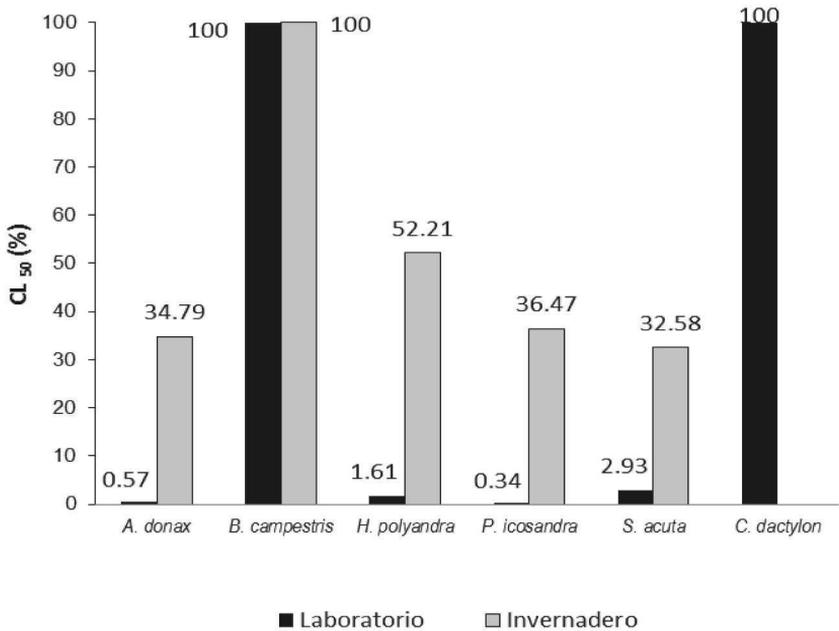


FIGURA 1. Concentración Letal Media en *T. vaporariorum* del extracto metanólico de seis especies.

(34.79 y 36.47%, respectivamente) (Figura 1). Los extractos acuosos de las seis especies no resultaron tóxicos en ambas condiciones. Los resultados coinciden con las tendencias encontradas en el porcentaje de mortalidad del extracto metanólico en laboratorio e invernadero del presente estudio. La actividad insecticida de estas especies no se encuentra documentada, sin embargo, se han descrito diversas propiedades biológicas (Miles et al., 1993; Borek et al., 1998; Treyvaud et al., 2000; Karou et al., 2005; Singh et al., 2007; Bussmann et al., 2010).

Es importante señalar que no se encontraron diferencias significativas en las variables (diámetro, peso del fruto y peso del fruto por planta) que expresaron el rendimiento con respecto a todos los tratamientos. Se infirió, por lo tanto, que los extractos no influyeron en el rendimiento del cultivo.

### **Análisis fitoquímico**

Con la finalidad de interpretar las diferencias de toxicidad del extracto metanólico de las seis especies, se realizó un estudio fitoquímico del extracto metanólico de cada una. El grupo de metabolito secundario identificado en las especies se muestra en el Cuadro 5. Cabe señalar que en la identificación de estos puede haber interferencias por la presencia de otros (Martin, 1995); a pesar de ello, los resultados del presente estudio coinciden con los descritos en la literatura.

En el estudio fitoquímico se identificó la presencia de alcaloides y terpenoides, principalmente en las especies que mostraron mayor toxicidad (*A. donax* y *P. icossandra*); en *A. donax* pudieron actuar de manera sinérgica e incrementar la actividad del extracto. Smith (1977) señala la toxicidad de *A. donax* por la presencia de derivados indolalquilaminas (triptaminas).

En *B. campestris* y *C. dactylon* el resultado fue negativo para flavonoides, alcaloides y terpenoides. La literatura señala la presencia de flavonoides, esteroides (Singh et al., 2007) y glucósidos cianogénicos en *C. dactylon* (Mahmoodzaeh, 2010) y glucosinolatos en *B. campestris*. Al respecto, en un estudio realizado en ratas de laboratorio, Sadki et al. (2010) concluyen que el extracto acuoso de *B. campestris* administrado no es tóxico (Borek et al., 1998; Kiddle et al., 2001); glucósidos cianogénicos y glucosinolatos no se analizaron en el presente estudio.

No se encuentra documentado el tipo de metabolitos secundarios presentes en *Hura polyandra* que explique su toxicidad; sin embargo, en otra especie del género (*Hura crepitans*; Euforbiaceae) se han detectado alcaloides, taninos y terpenoides (saponinas) (Fowomola y Akindahunsi, 2007) con actividad antibacteriana (Bussmann et al., 2010). Al respecto, Regnault-Roger et al. (2004) afirman que la investigación de mezclas de compuestos y de sinergias, que existe *de facto* en la natura-

Cuadro 5. Análisis fitoquímico del extracto metanólico de seis especies vegetales.

Especie	Tipo de metabolito identificado en el presente estudio			Referencias
	Flavonoides	Alcaloides	Terpenoides	
<i>Arundo donax</i>	+	++	++	Alcaloides (Khuzhaev et al., 2004; Miles et al., 1993); terpenoides (Miles et al., 1993).
<i>Brassica campestris</i>	—	—	—	Glucosinolatos (Kiddle et al., 2001; Borek et al., 1998).
<i>Hura polyandra</i>	nd	++	++	Alcaloides, taninos, saponinas (Fowomola y Akindahunsi, 2007), terpenoides (Ponsinet y Ourisson, 1965).
<i>Phytollaca icosandra</i>	—	—	+	Saponinas (Treyvaud et al., 2000; Sparg et al., 2004).
<i>Sida acuta</i>	++	—	+	Alcaloides (Karou et al., 2003; 2005; Banzouzi et al., 2004); terpenoides (Karou et al., 2007); flavonoides (Prakash et al., 1981);
<i>Cynodon dactylon</i>	—	—	—	Flavonoides y esteroides (Singh et al., 2007). Compuestos cianogénicos (Mahmoodzaeh, 2010).

nd: no detectado; (+) = baja intensidad; (++) = mayor intensidad; (-) ausencia

leza, permite reducir las dosis eficaces de las sustancias insecticidas. Bernard y Philogene (1993) señalan que los productos sinérgicos incorporados a formulaciones aumentan la eficacia de los productos activos.

Finalmente, en *P. icosandra* se describe la identificación de saponinas (Treyvaud et al., 2000). La literatura describe algunas con efectos tóxicos (Abdel-Gawad et al., 1999; Zamilpa et al., 2002), lo cual coincide con el grupo de metabolito identificado (terpenoides), cuya presencia justifica la toxicidad del extracto.

Las diferencias que existen entre las variaciones de toxicidad por especie y tipo de extracto son marcadas. Además, se observó que existe una respuesta diferencial del insecto receptor a la diferente polaridad y composición química de los extractos.

### CONCLUSIONES

En las seis especies el extracto metanólico mostró mayor porcentaje de mortalidad (36.3%) en *Trialeurodes vaporariorum* en etapa adulta,

en comparación con el extracto acuoso (17.9%). La misma tendencia se encontró en la concentración letal media (CL<sub>50</sub>). Todos los extractos resultaron más tóxicos en condiciones de laboratorio que en condiciones invernadero debido a la posible degradación por las condiciones ambientales. Las especies con mayor toxicidad en el adulto de *T. vaporariorum* fueron para el extracto metanólico de *A. donax* y de *P. icosandra* (39.5 y 40.5% de mortalidad en laboratorio, y 23.3 y 26.3% en invernadero, respectivamente), especies que podrían ser candidatas para usarse en el control de *T. vaporariorum* en estadio adulto en campo.

#### LITERATURA CITADA

- Abdel-Gawad, M. M., M. El-Sayed y E. Abdel-Hameed, 1999. Molluscicidal steroidal saponins and lipid content of *Agave decipiens*. *Fitoterapia* 70:371-381.
- Agoitia, G. J., 2003. Jitomate: tendencias y perspectivas de exportación. BANCOMEX. Distrito Federal. México. 154 p.
- Anónimo, 2009. FAO. Food and Agricultural Organization. Base de datos de producción mundial y comercio internacional de jitomate. (Consulta: 3 de noviembre de 2011). <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>
- Banzouzi, J. T., R. Prado, H. Menan, A. Valentin, C. Roumestan, M. Mallie, Y. Pelissier y Y. Blache, 2004. Studies on medicinal plants of Ivory Coast: investigation of *Sida acuta* for *in vitro* antiplasmodial activities and identification of an active constituent. *Phytomedicine* 11:338-341.
- Bernard, C. B. y B. J. R. Philogene, 1993. Insecticide synergists role, importance in perspectives. *J. Toxicol. Env. Health.* 38:199-223.
- Borek, V., L. R. Elberson, J.P. McCaffrey y M.J. Morra, 1998. Toxicity of isothiocyanates produced by glucosinolates in Brassicaceae species to black vine weevil eggs. *J. Agr. Food Chem.* 46:5318-5323.
- Bussmann, R. W., G. Malca-García, A. Glenn, D. Sharon, G. Chait, D. Díaz, K. Pourmand, B. Jonat, S. Somogy, G. Guardado, C. Aguirre, R. Chan, K. Meyer, A. Kuhlman, A. Townesmith, J. Effio-Carbajal, F. Frías-Fernández y M. Benito, 2010. Minimum inhibitory concentrations of medicinal plants used in Northern Peru as antibacterial remedie. *J. Ethnopharmacol.* 132:101-108.
- De Souza-Tavares, W., I. Cruz, F. Petacci, F. S. Sousa, Z. J. Cola y J. E. Serrao, 2009. Potencial use of *Astereaceae* extracts to control *Spodoptera Frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) and selectivity to their parasitoids *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) and *Telenomus remus* (Hymenoptera: Scellionidae). *Ind. Crop. Prod.* 30:384-389.
- Dudai, N., A. Poljakoff-Mayber y A. M. Mayer, 1999. Essential oils as allelochemicals and their potential use as bioherbicides. *J. Chem. Ecol.* 25:1079-1089.
- Finney, D.J., 1971. Probit Analysis. 3rd. ed. Cambridge University Press. London.
- Fowomola, M.A. y A.A. Akindahunsi, 2007. Nutritional Quality of Sandbox Tree (*Hura crepitans* Linn.). *J. Med. Food* 10:159-164.
- García-Mateos, R., R. Pérez-Pacheco, C. Rodríguez-Hernández y M. Soto-Hernández, 2004. Toxicity of *Erythrina americana* in mosquito *Culex quinquefasciatus*. *Rev. Fitotec. Mex.* 27:297-303.
- García-Mateos, M. R., E. Elizalde Sánchez, P. Espinosa-Robles y E. Álvarez-Sánchez, 2007. Toxicity of *Petiveria alliacea* L. on white fly (*Trialeurodes vaporariorum* West.) in laboratory and greenhouse. *Interciencia* 32:121-125.

- González-Coloma, A., A. Guardano, C. Ingés, R. Martínez-Díaz y D. Cortez, 2002. Selective action of acetogenin mitochondrial complex I Inhibitors. *Z. Naturforsch.* 57:1023-1034.
- Isman, M. B., 2006. The role of botanical insecticides, deterrents and repellents in modern agriculture and increasingly regulated world. *Ann. Rev. Entomol.* 51:51-66.
- Jauset, A. M., M. Sarasúa, J. Avilla y R. Albajes, 1998. The impact of fertilization of tomato on feeding site selection and oviposition by *Trialeurodes vaporariorum*. *Ent. Exp. App.* 86:175-182.
- Karou, D., M. H. Dicko, S. Sanon, J. Simpore y A. S. Traore, 2003. Antimalarial activity of *Sida acuta* Burm. f. (Malvaceae) and *Pterocarpus erinaceus* Poir. (Fabaceae). *J. Ethnopharmacol.* 89:291-294.
- Karou, D., S. Aly, C. Antonella, Y. Saydou, M. Carla, S. Jacques, C. Vittorio y A. S. Traore, 2005. Antibacterial activity of alkaloids from *Sida acuta*. *Afr. J. Biotechnol.* 4:1452-1457.
- Karou, S. D., M. W. C. Nadembega, D. P. Iiboudo, D. Ouermi, M. Gbeassor, C. De Souza y J. Simpore, 2007. *Sida acuta* Burm. F.: a medicinal plant with numerous potencies. *Afr. J. Biotechnol.* 6:2953-2959.
- Kiddle, G., R. N. Bennett, N. P. Botting, N. E. Davidson, A. A. B. Robertson y R. M. Wallsgrove, 2001. High-performance Liquid Chromatographic separation of natural and synthetic desulphoglucosinolates and their chemical validation by UV, NMR and chemical ionisation-MS methods. *Phytochem. Analysis* 12:226-242.
- Kruzhav, V. U., I. Zh. Zhalolov, M. G. Levkovich, S. E. Aripova y A. S. Shashkov, 2004. Alkaloids of *Arundo donax* L. A new dimeric indole alkaloid arundarine from the roots of *Arundo donax* L. *Rus. Chem. B.* 53:1765-1767.
- Lewis, A. C. y H. F. van Emden, 1986. Assays for insect feeding: pp. 95-19, In: J. R. Miller and T. A. Miller (eds) *Insect-Plant Interactions*. Springer-Verlag. New York.
- Mahmoodzaeh, H., 2010. Allelopathic Plants 23. *Cynodon dactylon* (L.) Pers. *Allelopathy J.* 25:227-238.
- Martin, G., 1995. Ethnopharmacology and related fields: pp. 67-93, In: G. Martin (ed) *Ethnobotany. A Methods Manual*. Chapman and Hall. U.K.
- Miles, D.H., K. Tunsumwan, V. Chittawong, U. Kokpol, M.I. Choudhary y J. Clardy, 1993. Boll weevil antifeedants from *Arundo donax*. *Phytochemistry* 34:1277-1279.
- Ortega, A. L., 1999. Plagas y Enfermedades de las Hortalizas en México. Ed Trillas. México. 544 p.
- Prabhaker, N., N. Toscano and J.T. Henneberry, 1999. Comparison of neem, urea, and amitraz as oviposition suppressant and larvicides against *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae). *Insect. Resis. Resis. Manag.* 92:40-46.
- Prakash, A., R. K. Varma y S. Ghosal, 1981. Alkaloidal constituents of *Sida acuta*, *S. humulis*, *S. rhombifolia* and *S. spinosa*. *Planta Med.* 43:384-388.
- Ponsinet, G. y G. Ourisso, 1965. Etudes chimio-taxonomiques dans la famille dans Euphorbiaceae-II. Triterpenos de *Hura crepitans* L. *Phytochemistry* 4:813-815.
- Regnault-Roger, C., 2004. ¿Nuevos fitoinsecticidas para el tercer milenio?: pp. 19-40, In: C. Regnault-Roger, B.J.R. Philogène and Ch. Vincent, (eds) *Biopesticidas de Origen Vegetal*. Ediciones Mundi-Prensa. España.
- Rizwan-Ul-Haq, M., Q. Bo Hu, M. Ying Hu, Q. Shen Lin y W. Li Zhang, 2009. Biological impact of harmaline, ricine, and their combined effects with *Bacillus thuringiensis* on *Spodoptera exigua* (Lepidoptera:Noctuidae). *J. Pest. Sci.* 82:327-334.
- Sadki, I. Ch., B. Hacht, A. Souliman y F. Atmani, 2010. Acute diuretic activity of aqueous *Erica multiflora* flowers and *Cynodon dactylon* rhizomes extracts in rats. *J. Ethnopharmacol.* 128:352-356.

- Singh, S. K., A. Kesari, R. K. Gupta, D. Jaiswal y G. Watal, 2007. Assessment of anti-diabetic potential of *Cynodon dactylon* extract in streptozotocin diabetic rats. *J. Ethnopharmacol.* 114:174-179.
- Smith, H., 1977. Tryptamine and related compounds in plants. *Phytochemistry* 16:171-175.
- Sparg, S. G., M. E. Light y J. van Staden, 2004. Biological activities and distribution of plant saponins. *J. Ethnopharmacol.* 94:219-243.
- Steiner, A.A., 1961. A universal method for preparing nutrient solutions of a certain desired composition. *Plant Soil* 15:134-154.
- Thomas, C. D., A. Cameron, R.E. Green, M. Bakkenes, L. J. Beaumont, Y. C. Collingham, B. F. N. Erasmus, M. Ferreira de Siqueira, A. Grainger, L. Hannah, L. Hughes, B. Huntley, A. S. Van Jaarsveld, G. F. Midgley, L. M. Miles, M. A. Ortega-Huerta, A. T. Peterson, O. L. Phillips y S. E. Williams, 2004. Extinction risk from climate change. *Nature* 427:145-148.
- Treyvaud, V., A. Marston, W. Diatmyco y K. Hostettmann, 2000. Molluscicidal saponins from *Phytolacca icosandra*. *Phytochemistry* 55:603-609.
- Ujváry, I., G. Matolcsy y L. Varjas, 1992. Novel sulphur-containing compounds with juvenile hormone activity: pp. 147-154, *In*: D. Otto and B. Weber (eds). *Insecticides: Mechanism of Action and Resistance Intercept*, Ltd. U.K.
- Ulrichs, C., I. Mewis y S. Adhikary, 2008. Antifeedant activity and toxicity of leaf extracts from *Porteresia coarctata* Takeoka and their effects on the physiology of *Spodoptera litura* (F). *J. Pest. Sci.* 81:79-84.
- Wagner, H. y S. Bladt, 1996. *Plant Drug Analysis: A thin Layer Chromatography Atlas*. 2d. Ed. Springer Verlag. New York.
- Ybarra, M .I., S. Popich, S. A. Bokorsky, Y. Asakawa y A. Bardon, 2005. Manoyl oxide diterpenoides from *Grindelia scorzonifolia*. *J. Nat. Prod.* 68:554-558.
- Zabel, A., B. Manojlovic, S. Rajkovic, S. Stankovic y M. Kostic, 2002. Effect of neem of extract of *Lymantria dispar* L. (Lepidoptera: Lymantriidae) and *Leptinotarsa de-cemlineata* Say (Coleoptera:Chrysomelidae). *J. Pest. Sci.* 75:19-25.
- Zamilpa, A., J. Tortoriello, V. Navarro, G. Delgado y L. Alvarez, 2002. Five new steroidal saponins from *Solanum chrysotrichum* leaves and their antimycotic activity. *J. Nat. Prod.* 65:1815-1819.