


Efecto de extractos etanólicos de *Ardisia compressa* Kunth y acaricidas botánicos comerciales en *Tetranychus urticae* (Acari:Tetranychidae)

Effect of ethanolic extracts of *Ardisia compressa* Kunth and commercial botanical acaricides on *Tetranychus urticae* (Acari:Tetranychidae)

Esaú Ruiz-Sánchez¹ , Jesús Molina-Maldonado¹ , Marcos Cua-Basulto^{2*} , Emanuel Hernández-Núñez² , Rubén Andueza-Noh¹ , y Kati Medina-Dzul¹ 

¹ Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Conkal, Avenida Tecnológico S/N, Municipio de Conkal, C.P. 97345. Conkal, Yucatán, México.

² Departamento de Recursos del Mar, CINVESTAV-IPN Unidad Mérida, C.P. 97310, Mérida, Yucatán, México.

ABSTRACT

Tetranychus urticae is a polyphagous pest that causes severe damage to agricultural crops in Mexico. The use of plant acaricides is an efficient alternative for its control and is also environmentally friendly. The objective of this study was to evaluate the effect of ethanolic extract (EE) from *Ardisia compressa* (Myrsinaceae) and commercial botanical acaricides, on *T. urticae* in the laboratory and greenhouse. For the laboratory experiments, eggplant leaf discs (5 cm in diameter) were immersed for 5 s in the extracts and commercial products as treatments. Each disc was deposited with 15 adults and mortality was recorded at 6 and 12 h. For the greenhouse evaluation, the treatments were applied to two-month-old eggplants that were previously infested with *T. urticae*. The population density was determined before the application of the treatments and on days 1, 2 and 3 after the application. The EE of *Ardisia* YRP, *Ardisia* CTia, and the acaricides based on oil of *Zea mays* and *Glycine max* caused the highest mortality. Similarly, these treatments caused suppression of the population density of *T. urticae* in the greenhouse. The use of plant derived is a promising for the management of two-spotted spider mite in agriculture.

Keywords: pest mite; plant acaricides; population suppression; new alternatives.

RESUMEN

Tetranychus urticae es una plaga polífaga que ocasiona fuertes daños a los cultivos agrícolas en México. El uso de acaricidas vegetales es una alternativa eficiente para su control y a su vez amigable con el ambiente. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de extractos etanólicos (EE) *Ardisia compressa* (Myrsinaceae) y acaricidas botánicos comerciales en *T. urticae* en laboratorio e invernadero. En laboratorio, se trataron discos foliares de berenjena (5 cm de diámetro) sumergiéndolos por 5 s en los extractos y productos comerciales. En cada disco se depositaron 15 adultos y se registró la mortalidad a las 6 y 12 h. En invernadero, se aplicaron los tratamientos a plantas de berenjena de dos meses de edad que previamente estaban infestadas con *T. urticae*. La densidad poblacional se determinó antes de la aplicación de los tratamientos y a los días 1, 2 y 3 después de la aplicación. Los

extractos etanólicos de *Ardisia* YRP, *Ardisia* CTia y los acaricidas *Zea mays* y *Glycine max* causaron la mortalidad más alta. De igual manera estos tratamientos redujeron la densidad poblacional de *T. urticae* en invernadero. Los acaricidas vegetales son prometedores para el manejo de la araña roja en la agricultura.

Palabras clave: acaro plaga; acaricidas vegetales; supresión poblacional; nuevas alternativas.

INTRODUCCIÓN

La araña roja *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) es una plaga polífaga que se hospeda en más de 1200 especies de plantas en todo el mundo, atacando árboles frutales, ornamentales, fabáceas, hortalizas y cucurbitáceas donde disminuye el rendimiento en un 10 a 50 % y una pérdida en un 50 % (Monroy-Reyes *et al.*, 2015; Brust, 2018; Assouguem *et al.*, 2022; Talib *et al.*, 2023). El daño causado por *T. urticae* es al momento de alimentarse, ya que inserta su estilete en el mesófilo y las células epidérmicas de las hojas, causando una alteración en la fotosíntesis y transpiración disminuyendo el crecimiento afectando la floración y rendimientos en los cultivos (Abdallah *et al.*, 2019; Shaabow *et al.*, 2019; Golec *et al.*, 2020), pero cuando las condiciones son favorables se incrementa la densidad poblacional y los daños pueden ser severos ya que causa necrosis y muerte de las plantas (Goff *et al.*, 2014; Golec *et al.*, 2020).

La principal forma de controlar la araña roja es mediante el uso de acaricidas convencionales (Van Leeuwen *et al.*, 2010; Rincón *et al.*, 2019), sin embargo, el uso excesivo de estos productos ha causado resistencia a poblaciones de *T. urticae*, debido a su ciclo de vida corto y alta fecundidad (Van Leeuwen *et al.*, 2010). Dentro de las estrategias utilizadas para el manejo de ácaros fitófagos se ha reportado en varios estudios que extractos de diversas plantas (extractos acuosos, extractos etanólicos, aceites esenciales y aceites orgánicos) tienen alta efectividad en la supresión de la densidad poblacional de *T. urticae* logrando ser una de las alternativas para el manejo de ácaros fitófagos (Yáñez *et al.*, 2014; Wakgari y Yigezu, 2018; Rincón *et al.*, 2019). De igual manera, Premalatha *et al.* (2018) evaluaron 20 extractos de plantas de diferentes especies, de las cuales ocho tuvieron

*Autor para correspondencia: Marcos Cua-Basulto
Correo-e: marcos.cua@itconkal.edu.mx

Recibido: 10 de junio de 2024

Aceptado: 5 de noviembre de 2024

Publicado: 17 de diciembre de 2024

efecto tóxico agudo sobre *T. urticae*. También, se reportó que los extractos de *Citratus sinensis*, *Datura stramonium*, *Ficus carica*, *Hyoscoyamus muticus*, *Jatropha curcas*, *Mentha pulegium*, *Morus rubra* y *Trichilia havanensis* tienen efectos letales sobre *T. urticae* (Abou-Shosha, 2020; Alpkent *et al.*, 2023; Rivera-Hernández *et al.*, 2023).

Con respecto al efecto de los acaricidas botánicos comerciales, se ha demostrado que los acaricidas botánicos a base de *Azadirachta indica* (Juss) causan mortalidad del 65 % hasta 100 % en adultos de *T. urticae* y *T. evansi* (Nag *et al.*, 2020; Azandémè-Hounmalon *et al.*, 2022). A su vez, los acaricidas a base de *Capsicum annum* L. y *Allium sativum* L. reducen en 60 % la densidad poblacional de *T. urticae* en cultivos de *Platanus orientalis* (Platanaceae) (Fatemi *et al.*, 2021). Así también, en evaluaciones en otras especies de ácaros, se documentó que los extractos de *Cinnamomum zeylanicum* y aceite de *Glycine max* disminuyen la densidad poblacional de *Oligonychus* sp. y *Raoiella indica* en campo (Nexticapán-Garcéz *et al.*, 2021).

Los extractos vegetales (extractos acuosos, extractos etanólicos) y acaricidas botánicos comerciales ofrecen una alternativa útil para el control de ácaros fitófagos, por su efectividad, poca persistencia en el ambiente y baja toxicidad a organismos benéficos. Estos acaricidas actúan en varios sitios de acción, desde el sistema nervioso central hasta la respiración mitocondrial, y el sistema endocrino durante el crecimiento (Regnault-Roger *et al.*, 2012; Rincón *et al.*, 2019; Abdel-Khalik *et al.*, 2023). Por tanto, el objetivo de estudio es evaluar el efecto de extractos etanólicos (EE) de *Ardisia compressa* (Myrsinaceae) y acaricidas botánicos comerciales sobre *T. urticae* en condiciones de laboratorio e invernadero.

MATERIALES Y MÉTODOS

Establecimiento de colonia de *T. urticae*

T. urticae se obtuvo de plantas de papaya (*Carica papaya* L.) cultivadas en el municipio de Conkal, Yucatán, México. La colonia de ácaros se estableció sobre plantas sanas de berenjena (*S. melongena* L.), donde se recolectaron hojas infestadas con ácaros que se fijaron con clips a la parte apical de plantas sanas de berenjena de dos meses de edad, establecidas en

un invernadero en el Instituto Tecnológico de Conkal (21° 4' latitud N y 89° 31' longitud O). Posterior a tres semanas de la infestación inicial de las hojas, se tuvieron colonias de *T. urticae* con individuos de diferentes estados de desarrollo para los bioensayos.

Preparación de extractos etanólicos y acaricidas botánicos probados

Para el estudio se usaron dos grupos de productos vegetales, cada grupo se evaluó de manera separada: un grupo correspondió a extractos etanólicos de *Ardisia* y otro grupo correspondió a acaricidas botánicos comerciales.

Los extractos acuosos se prepararon con base a la metodología propuesta por Cruz-Estrada *et al.* (2013), donde muestras de hojas de diferentes poblaciones se recolectaron en diferentes municipios de Chiapas, México (Tabla 1) y se secaron a 45 °C por 10 d y se molieron hasta obtener polvo fino (MAN mod. MLU-9090, México). Para la preparación de los extractos etanólicos (EE), se utilizaron muestras con 50g de material pulverizado, a las que se adicionó 500 mL de etanol (grado reactivo). Durante 72 h se mantuvieron en agitación constante a temperatura de 25°. Posteriormente se filtraron en papel Whatman no. 1 para remover el material vegetal. Cada muestra se depositó en un rotavapor a presión de vacío constante para obtener la pasta-extracto de cada población de *Ardisia* (Yamato B0400, Yamato VR300, USA.).

Para la realización de los bioensayos, la pasta-extracto de cada población de *Ardisia* se diluyó en una solución de etanol y tween 80, a una relación de 1:1:1 (peso/volumen/volumen). Posteriormente, se diluyó en agua destilada (100 mL) hasta obtener una concentración final de 0.2 % (p/v) de la pasta-extracto en la mezcla de aplicación de extractos etanólicos (EE). Para el caso de los bioensayos de los acaricidas botánicos comerciales se utilizaron las concentraciones recomendadas por el fabricante. Se utilizó el insecticida químico abamectina como control positivo y agua destilada como control negativo. Los nombres comerciales, dosis y detalles de los acaricidas botánicos comerciales se describen en la Tabla 2.

Tabla 1. Poblaciones silvestres de *Ardisia compressa* Kunth, recolectadas en cuatro municipios del Estado de Chiapas.

Table 1. Populations of wild *Ardisia compressa* Kunth, collected in four municipalities of the state of Chiapas.

ID Extracto	Localidad, Municipio	Altitud (m)	Coordenadas
Ardisia YRP	Río Pupitillo, Yajalón	500	17° 10' 14.00" N, 92° 19' 49.00" W
Ardisia YBG	Banco de grava, Yajalón	915	17° 10' 00.00" N, 92° 19' 00.00" W
Ardisia CJC	Joybé carretera, Chilón	972	17° 01' 07.00" N, 92° 09' 19.66" W
Ardisia CJR	Joybé río, Chilón	900	17° 01' 11.77" N, 92° 09' 41.76" W
Ardisia CLC	Las Canchas, Chilón	850	17° 00' 19.07" N, 92° 06' 52.92" W
Ardisia CTia	Tiaquil, Chilón	1141	17° 11' 99.00" N, 92° 52' 58.61" W
Ardisia TCA	Coquijaz alto, Tila	1800	17° 17' 05.40" N, 92° 28' 46.20" W



Tabla 2. Acaricidas botánicos y tasas de aplicación probados en este estudio.**Table 2.** Botanical acaricides and application rates tested in this study.

Tratamiento	Nombre comercial (ingrediente activo)	Tasa de aplicación / ha (Cantidad 400 L ⁻¹)	Empresa
Aceite de <i>Glycine max</i>	EPA-90® (Aceite vegetal de <i>Glycine max</i>)	3 L	Biokrone S.A. de C.V., México
Aceite de <i>Zea mays</i>	Cimax® (Aceite vegetal de <i>Zea mays</i>)	4 L	Ultraquimia agrícola, S.A. de C.V.
Extracto de <i>Cinnamomum zeylanicum</i>	CinnAcar® (Extracto de <i>Cinnamomum zeylanicum</i>)	3 L	Promotora Técnica Industrial, México.
Extracto de <i>Azadirachta</i>	Mix Protectivee-N® (Extracto de <i>Azadirachta indica</i>)	6 L	Agrosanidad S.A. de C.V.
Extracto de <i>Argemone</i> + <i>Ricinus</i>	Star agrícola® (Extracto de <i>Argemone mexicana</i> + <i>Ricinus communis</i>)	2 L	Ultraquimia agrícola, S.A. de C.V.
Extracto de <i>Cinnamomum</i> + <i>Azadirachta</i> + <i>Heliposis</i>	Cinanim® (Extracto de <i>Cinnamomum zeylanicum</i> + <i>Azadirachta indica</i> + <i>Heliposis longipes</i>)	2 L	BioKrone México, S.A de C.V.
Abamectina	Abakrone® Abamectina (1.80 %)	0.4 L	BioKrone México, S.A de C.V.
Control	Agua destilada		

Evaluación de toxicidad letal aguda de *T. urticae* en laboratorio

Se hicieron dos experimentos, uno para evaluar los EE de *Ardisia* y otro para evaluar los acaricidas botánicos comerciales. Los ensayos de toxicidad letal se hicieron en adultos de *T. urticae*, para lo cual se cortaron discos foliares de berenjena (*Solanum melongena*) de 5 cm de diámetro y se sumergieron por 5 s en los EE de *Ardisia* o en los acaricidas botánicos comerciales preparados de forma individual en vasos de precipitado de 100 mL. Después de la inmersión, los discos foliares se secaron a temperatura ambiente por 30 minutos. A continuación, los discos foliares se colocaron con el lado adaxial hacia arriba sobre algodón humedecido en cajas de Petri (9 cm de diámetro y 1.5 cm de profundidad). Los bordes de los discos foliares se cubrieron con algodón húmedo para evitar que los ácaros escaparan. Se transfirieron 15 adultos de *T. urticae* en cada disco foliar y se registró la mortalidad a las 6 y 12 h después de la aplicación. Las cajas Petri se mantuvieron en el laboratorio a 24 ± 30 °C y fotoperiodo de 14 h de luz y 10 h de oscuridad. Se consideraron ácaros muertos, aquellos que no se movían después de ser tocados con un pincel fino. Una caja Petri con 15 ácaros representó una repetición. Se evaluaron 10 repeticiones por cada tratamiento (Cua-Basulto *et al.*, 2022).

Evaluación de la supresión poblacional de *T. urticae* en invernadero

Para las evaluaciones en invernadero se utilizaron plantas de berenjena de dos meses de edad. La evaluación se hizo en un invernadero con techo de plástico y malla lateral antiáfidos bajo condiciones ambientales fluctuantes (25 - 35°C de temperatura y 55 - 75% de humedad relativa). Las plantas de berenjena se infestaron con adultos de *T. urticae* y tres semanas después, cuando se había establecido la colonia de ácaros, se realizaron las aplicaciones de los tratamientos, dirigiendo la aspersión a ambos lados de las hojas en cobertura total hasta punto de goteo, utilizando un atomizador manual

(Klintek ATO-100). La densidad poblacional de *T. urticae* se determinó antes de la aspersión y a los 1, 2 y 3 d después de la aplicación de los tratamientos. Para tales efectos, se cortó una hoja joven por planta y se llevó al laboratorio para contar el número de ácaros (adultos, ninfas y huevos) con la ayuda de un estereoscopio (40x). El área de cada hoja evaluada se midió con un integrador de área foliar (LI-COR®, USA, modelo LI-300C). Una planta representó una réplica. Se evaluaron diez réplicas por cada tratamiento (Cua-Basulto *et al.*, 2022).

Análisis de datos

Se usó un diseño completamente al azar para todos los experimentos. Los datos se sometieron a análisis de varianza después de verificar la normalidad y la homocedasticidad (prueba de Shapiro-wilk). Los efectos se consideraron estadísticamente significativos si $P < 0,05$. Todos los análisis se realizaron en el paquete estadístico Statgraphics.

RESULTADOS

Toxicidad aguda de EE de *A. compressa* y acaricidas botánicos en *T. urticae*

Los extractos EE de *Ardisia* tuvieron efectos moderados pero significativos sobre la mortalidad de *T. urticae* a las 6 h ($F = 135.77$, $gl = 8, 781$, $P < 0.0001$) y a las 12 h ($F = 104.99$, $gl = 8, 81$, $p < 0.0001$) después de la aplicación. El EE de *Ardisia* YRP tuvo el efecto más alto (34.6 - 38.6 % de mortalidad) en ambos periodos de evaluación. El EE de *Ardisia* CTia tuvo efecto significativo, pero a las 12 h de su aplicación (35.3 % de mortalidad). Los demás EE de *Ardisia* causaron entre 18 y 27 % de mortalidad a las 12 h después de su aplicación, en comparación con la abamectina que causó el 100 % de mortalidad a las 6 y 12 h (Figura 1).

Los acaricidas botánicos comerciales tuvieron efectos significativos sobre la mortalidad de *T. urticae* a las 6 h ($F = 182.1$, $gl = 7, 72$, $p < 0.0001$) y 12 h después de la exposición ($F = 165.89$, $gl = 7, 72$, $p < 0.0001$). El acaricida botánico a base de aceite de *Zea mays* tuvo el efecto más alto (62 - 81 %

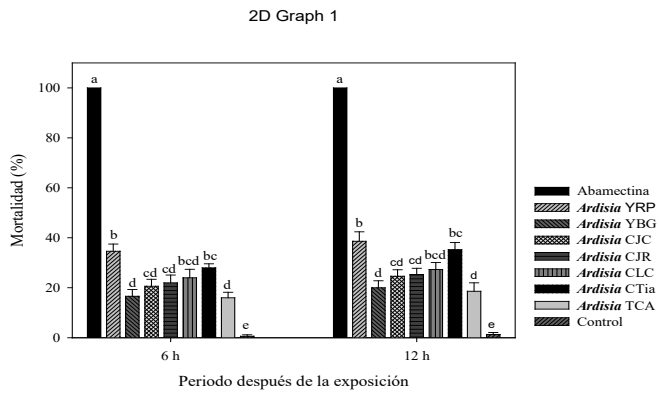


Figura 1. Mortalidad (medias \pm error estándar) de adultos de *T. urticae* en laboratorio. Las medias para cada periodo (horas) después de la exposición que no comparten la misma letra son significativamente diferentes (Tukey $P < 0.05$). Los estadísticos del análisis del efecto se presentan para cada periodo (horas) después de la exposición (HDE).

Figure 1. Mortality (means \pm standard error) of *T. urticae* adults in the laboratory. The means for each period (hours) after exposure that do not share the same letter are significantly different (Tukey $P < 0.05$). Effect analysis statistics are presented for each period (hours) after exposure (HDE).

de mortalidad) desde las 6 y 12 h después de la aplicación, mientras que el aceite de *Glycine max* causó 54 % de mortalidad hasta las 12 h después de su aplicación en comparación con la abamectina que causó el 100 % de mortalidad a las 6 y 12 h. Los otros acaricidas botánicos causaron entre 17 y 26 % de mortalidad (Figura 2).

Supresión de la densidad poblacional en invernadero

Todos los EE de *Ardisia* causaron supresión de la densidad poblacional de *T. urticae* a los 1, 2 y 3 d después de la exposición. En adultos, los EE de *Ardisia* YRP y *Ardisia* CTia redujeron entre 4.0 a 6.4 adultos por cm^2 (Figura 3A). En ninfas entre 6.8 y 7.6 por cm^2 (Figura 3B) y en huevos entre 11.7 a 15.3 huevos por cm^2 (Figura 3C).

Para el caso de los acaricidas botánicos comerciales a base de *Zea mays* y *Glycine max*, minimizaron la densidad

poblacional de adultos registrando valores entre 1.5 y 3.2 adultos por cm^2 (Figura 4A). En ninfas entre 2.4 a 3.0 por cm^2 (Figura 4B). Del mismo modo en huevos con valores de 13.0 a 18.0 huevos por cm^2 después de la aplicación (Figura 4C). El extracto de *Azadirachta indica*, extracto *Argemone mexicana* + *Ricinus* y extracto de *Cinnamomum* + *Azadirachta* + *Heliopsis* causaron una reducción intermedia en la densidad poblacional con valores en adultos (2.9 a 5.5 por cm^2), en ninfas (4.0 a 5.9 por cm^2) y huevos (15.0 a 21.5 por cm^2),

DISCUSIÓN

En el presente estudio se evaluó el efecto tóxico letal y la supresión poblacional de extractos etanólicos (EE) de hojas de *A. compressa* y acaricidas botánicos comerciales en *T. urticae*. En la evaluación de efecto tóxico letal (6 y 12 h) se observó que los EE de *Ardisia* YRP y *Ardisia* CTia fueron los más tóxicos (35 - 38 % de mortalidad) y en el caso de los acaricidas botánicos comerciales los aceites de *Zea mays* y *Glycine max* fueron los más efectivos (54 - 81 % de mortalidad). Se podría considerar entonces que los EE de *Ardisia* tuvieron efectos tóxicos letales intermedios y los acaricidas botánicos comerciales tuvieron efectos altos. En trabajos con extractos vegetales experimentales se ha visto hasta 70 % de mortalidad de adultos de *T. urticae*, como es el caso de los extractos etanólicos de *Chenopodium quinoa* y *Solanum nigrum* (Harder *et al.*, 2016; Vergel *et al.*, 2016). Incluso, extractos metanólicos de *Ardisia japónica* causaron mortalidad del 75.6 % en *T. urticae*, pero hasta las 48 h después de la aplicación (Lee *et al.*, 2011). El efecto tóxico letal en los extractos de *Ardisia* se puede atribuir a la presencia de metabolitos secundarios como polifenoles, saponinas, triterpenoides y quinonas (De Mejía y Ramírez-Mares, 2011; Amin *et al.*, 2015). Estos grupos de metabolitos secundarios han mostrado efectividad sobre especies de ácaros fitófagos (Sivira *et al.*, 2011; Ebadollahi *et al.*, 2016).

Para el caso de los acaricidas a base de aceite de *Zea mays* y *Glycine max* tuvieron efectos tóxicos letales altos. El aceite orgánico de especies vegetales se ha usado para el desarrollo de acaricidas o insecticidas químicos. por ejemplo, el aceite de oliva (*Olea europaea*), clavo (*Syzygium aromaticum*)

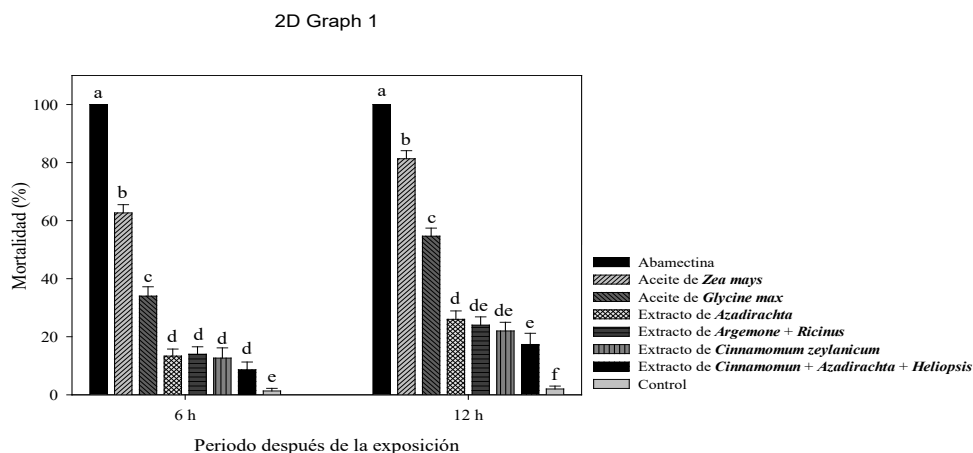


Figura 2. Mortalidad (medias \pm error estándar) de adultos de *T. urticae* en laboratorio. Las medias para cada periodo (horas) después de la exposición que no comparten la misma letra son significativamente diferentes (Tukey $P < 0.05$). Los estadísticos del análisis del efecto se presentan para cada periodo (h) después de la exposición (HDE).

Figure 2. Mortality (means \pm standard error) of *T. urticae* adults in the laboratory. The means for each period (hours) after exposure that do not share the same letter are significantly different (Tukey $P < 0.05$). Effect analysis statistics are presented for each period (h) after exposure (HDE).

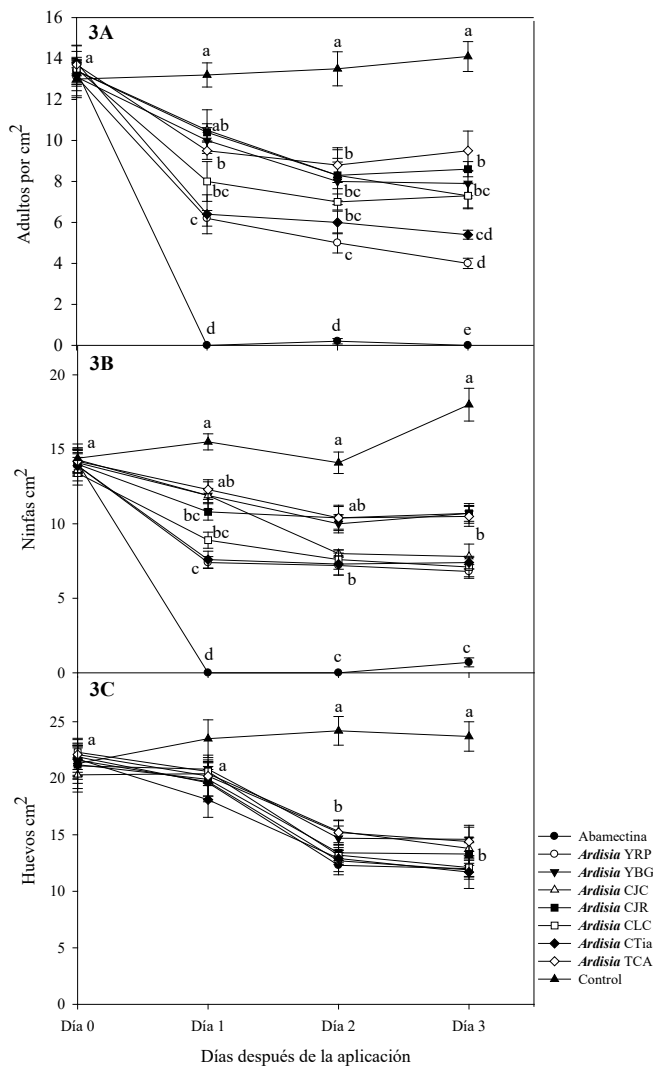


Figura 3. Supresión de la densidad poblacional (media \pm error estándar) de adultos (A), ninfas (B) y huevos (C) de *T. urticae* en invernadero. Las medias para el mismo periodo (día) posteriores a la exposición que no comparten la misma letra son significativamente diferentes (Tukey $P < 0.05$).

Figure 3. Suppression of population density (mean \pm standard error) of adults (A), nymphs (B) and eggs (C) of *T. urticae* in a greenhouse. The means for the same period (day) after exposure that do not share the same letter are significantly different (Tukey $P < 0.05$).

y ricino (*Ricinus communis*), pueden ocasionar hasta 100 % de mortalidad de *T. urticae* en las primeras 72 h después de la aplicación (Bashiri *et al.*, 2021; Meteab *et al.*, 2021). En los últimos 20 años el aceite a base de *Glycine max* ha mostrado actividad tóxica contra ácaros, y al igual que en el presente estudio se ha documentado hasta 85 % de mortalidad entre las 24 a 72 horas de su aplicación (Moran *et al.*, 2003; Baker *et al.*, 2018; Bashiri *et al.*, 2021). La alta efectividad del aceite de *Glycine max* en la supresión poblacional de ácaros ha sido documentada en varios estudios (Lancaster *et al.*, 2002; Nexticapan-Garcéz *et al.*, 2021), ya que el efecto toxico letal sobre los ácaros puede estar relacionado con la asfixia por el bloqueo de espiráculos de adultos e inmaduros (Umetsu y Shirai, 2020) o metabolitos secundarios presentes en los

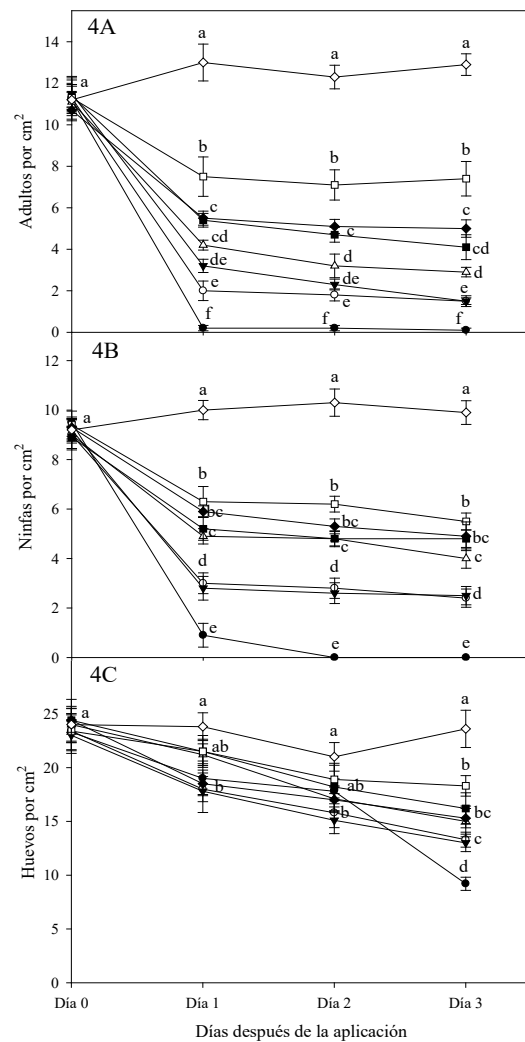


Figura 4. Supresión de la densidad poblacional (media \pm error estándar) de adultos (A), ninfas (B) y huevos (C) de *T. urticae* en invernadero. Las medias para el mismo periodo (día) posteriores a la exposición que no comparten la misma letra son significativamente diferentes (Tukey $P < 0.05$). Los estadísticos del análisis del efecto se presentan por cada periodo (día) después del tratamiento acaricida (DDT).

Figure 4. Suppression of population density (mean \pm standard error) of adults (A), nymphs (B) and eggs (C) of *T. urticae* in a greenhouse. The means for the same period (day) after exposure that do not share the same letter are significantly different (Tukey $P < 0.05$). The effect analysis statistics are presented for each period (day) after acaricidal treatment (DDT).

aceites, como taninos, terpenos, fenoles (Mex-Álvarez *et al.*, 2016; Nawaz *et al.*, 2018), flavonoides y saponinas (Dixit *et al.*, 2011; De la Rosa *et al.*, 2012; Da Graca *et al.*, 2016), donde se ha observado que estos compuestos tienen alta efectividad en ácaros fitófagos (Tak e Isman, 2017; Heinz-Castro *et al.*, 2021).

Con respecto a las evaluaciones en invernadero los EE de *Ardisia* YRP y *Ardisia* CTia, nuevamente resultaron ser los más efectivos en la supresión de la densidad poblacional de adultos y ninfas de *T. urticae*. Para el caso de los acaricidas botánicos comerciales nuevamente los acaricidas a base de aceites *Zea mays* y *Glycine max* tuvieron los efectos más altos. Existe poca información sobre extractos etanólicos en condiciones de invernadero o campo, sin embargo, se ha podido documentar en estudios de laboratorio que extractos etanólicos de *Ardisia japónica*, *Magnolia alejandrae* y *Moringa oleífera* son efectivos manteniendo su efecto al día 1 hasta 3 días posterior a su aplicación (Lee *et al.*, 2011; Heinz-Castro *et al.*, 2021; Olazarán-Santibañez *et al.*, 2024), de igual manera los aceites *Zea mays* y *Glycine max* su efecto puede mantenerse al día 1 a 14 días posteriores a su aplicación (Nexticapán-Garcéz *et al.*, 2021; Cua-Basulto *et al.*, 2023), estos resultados sugieren el potencial de extractos etanólicos y acaricidas botánicos para el manejo de ácaros fitófagos.

Con base en los resultados de este estudio, el uso de EE de *Ardisia* y aceites botánicos comerciales a base de *Zea mays* y *Glycine max* son eficaces para el manejo de *T. urticae* y es necesario continuar con evaluaciones de campo en varios cultivos para validar la efectividad de los tratamientos.

CONCLUSIONES

Los EE de *Ardisia* YRP y *Ardisia* CTia y los acaricidas botánicos comerciales a base de aceite *Glycine max* y *Zea mays* causaron alta mortalidad de adultos de *T. urticae* en laboratorio. Estos tratamientos también tuvieron alta efectividad en la supresión de la densidad poblacional de adultos, ninfas y huevos de *T. urticae* en condiciones de invernadero. Los extractos etanólicos de *Ardisia compressa* y los aceites botánicos comerciales son una alternativa efectiva para el manejo de *T. urticae* en la agricultura.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al CONAHCYT México por la beca otorgada a Marcos Cua Basulto. Beca posdoctoral número 4923351. Se agradece al Tecnológico Nacional de México por el apoyo financiero al proyecto 20900.24-P "Evaluación de actividad biológica contra fitoparásitos y perfil cromatográfico de extractos foliares de *Ardisia compressa*".

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

REFERENCIAS

- Abdallah, A.M., Ismail, M.S., Aboghaila, A.H. y Soliman, M.F. 2019. Factors affecting population dynamics of *Tetranychus urticae* and its predators on three economic plants in Ismailia, Egypt. *International Journal of Tropical Insect Science*. 39: 115-124.
- Abdel-Khalik, A.R., El-Dein, S.A.E. y Mahmoud, R.H. 2023. Efficiency of three plant extracts for controlling *Tetranychus urticae* Koch (Tetranychidae) in laboratory and semi-field conditions. *Acarines: Journal of the Egyptian Society of Acarology*. 17: 37-44.
- Abou-Shosha, M.A.A. 2020. Field trial of three plant extracts against *Tetranychus urticae* population as a comparative with acaricidal (Abamectin) on two vegetable crops. *Journal of Plant Protection and Pathology*. 11: 473-476.
- Alpkent, Y.N., Ulusoy, S. y Erturk, S. 2023. Acaricidal efficacy of aqueous extracts from different plants on *Tetranychus urticae* Koch, 1836 (Acari: Tetranychidae). *Research Square*. 132: 1-18.
- Amin, M.N., Banik, S., Ibrahim, M., Moghal, M.M.R., Majumder, M.S., Siddika, R., Alam, M.K., Jitu, K.M.R.M. y Anonna, S.N. 2015. A Study on *Ardisia solanacea* for evaluation of phytochemical and pharmacological properties. *International Journal of Pharmacognosy and Phytochemical Research*. 7(1): 8-15.
- Assouguem, A., Kara, M., Mechchate, H., Korkmaz, Y.B., Benmessaoud, S., Ramzi, A., Abdullah, K.R., Noman, O.M., Farah, A. y Lazraq, A. 2022. Current situation of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) in northern Africa: The sustainable control methods and priorities for future research. *Sustainability*. 14(4): 1-14.
- Azandémè-Hounmalon, G.Y., Onzo A., Adandonon, A., Houedenou, J., Djossou, R., Gnanvossou, D. y Tamò, M. 2022. Comparative Effects of Some Botanical Extracts and Chemicals in Controlling the Red Spider Mite *Tetranychus evansi* Baker & Pritchard on Solanaceous Crops. *European Scientific Journal*. 18(33):110-120.
- Baker, B.P., Grant, J.A. y Malakar-Kuennen, R. 2018. Soybean oil profile, active ingredient. Eligible for Minimum Risk Pesticide Use. *New York State. Integrated Pest Management*. 1-11.
- Bashiri, M., Moharrampour, S. y Negahban, M. 2021. Developing a vegetable oil formulation as a safe acaricide against *Tetranychus urticae*. *Journal of Agricultural Science and Technology*. 23: 1281-1295.
- Brust, G.E. y Gotoh, T. 2018. Mites: biology, ecology, and management. In: *Sustainable Management of Arthropod Pests of Tomato*. W. Wakil; G.E Brust y T.M Perring (ed.), 111-130. Elsevier, London.
- Cruz-Estrada, A., Gamboa-Angulo, M., Borges-Argáez, R. y Ruiz-Sánchez, E. 2013. Insecticidal effects of plant extracts on immature whitefly *Bemisia tabaci* Genn. (Hemiptera: Aleyrodidae). *Electronic Journal of Biotechnology*. 16(1): 6-6.
- Cua-Basulto, M., Ruiz-Sánchez, E., Chan-Cupul, W., Reyes-Ramírez, A., Ballina-Gómez, H. y Hernández-Núñez, E. 2022. Efectos de los acaricidas químicos sobre la mortalidad de la araña de dos manchas *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). *Tropical Subtropical Agroecosystems*. 25(1): 1-9.
- Cua-Basulto, M., Ruiz-Sánchez, E., Chan-Cupul, W., Reyes-Ramírez, A., Ballina-Gómez, H., Hernández-Núñez, E., Martín-Mex, R., Herrera-Gorocica, A. y Ruiz-Jiménez, A.L. 2023. Effects of botanical acaricides on *Tetranychus urticae* and compatibility with the predatory mite *Amblyseius swirskii*. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*. 56(17): 1359-1371.
- Da Graça, J.P., Ueda, T.E., Janegitz, T., Vieira, S.S., Salvador, M.C., De Oliveira, M.C.N. y Hoffmann-Campo, C.B. 2016. The natural plant stress elicitor cis-jasmone causes cultivar-dependent reduction in growth of the stink bug, *Euschistus heros* and associated changes in flavonoid concentrations in soybean, *Glycine max*. *Phytochemistry*. 131: 84-91.



- De la Rosa, C., Torres, C.G., Camacho, O.R., Calderón, Z.M., Herrera, E.U. y Osorio, M.Y. 2012. Cuantificación de flavonoides totales en el extracto metanólico de *Glycine max* (soya) y su efecto larvívica contra *Aedes aegypti*. *Revista Colombiana de Ciencias de la Salud*. 1(1): 39-43.
- De Mejía, E.G. y Ramírez-Mares, M.V. 2011. *Ardisia*: health-promoting properties and toxicity of phytochemicals and extracts. *Toxicology Mechanisms and Methods*. 21(9):667-674.
- Dixit, A.K., Antony, J.I.X., Sharma, N.K. y Tiwari, R.K. 2011. Soybean constituents and their functional benefits. Opportunity, challenge and scope of natural products in medicinal chemistry. V.K. Tiwari and B.B. Mishra (ed.), pp. 367-383.
- Ebadollahi, A., Jalali-Sendi, J. y Razmjou, J. 2016. Toxicity and phytochemical profile of essential oil from Iranian *Achillea mellifolium* L. against *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). *Toxin Reviews* 35(1):1-5
- Fatemi, M., Torabi, E., Olyai, A. y Taherian, M. 2021. The efficacy of some chemical and botanical pesticides against *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) on *Platanus orientalis* (Platanaceae) in urban areas. *Persian Journal Acarology*. 10(3): 309-319.
- Goff, G.J.L., Hance, T.C., Detrain, C.J., Deneubourg, J.L. y Mailleux, A.C. 2014. Impact of living with kin/non-kin on the life history traits of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). *Experimental and Applied Acarology* 63(1):37-47.
- Golec, J.R., Hoge, B. y Walgenbach, J.F. 2020. Effect of biopesticides on different *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) life stages. *Crop Protection*. 128: 1-8.
- Harder, M.J., Tello, V.E. y Giliomee, J.H. 2016. The acaricidal effect of ethanolic extracts of *Chenopodium quinoa* Willd. On *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). *African Entomology*. 24(1): 50-60.
- Heinz-Castro, R.T.Q., Arredondo-Valdés, R., Ordaz-Silva, S., Méndez-Cortés, H., Hernández-Juárez, A., y Chacón-Hernández, J.C. 2021. Bioacaricidal potential of *Moringa oleifera* ethanol extract for *Tetranychus merganser* Boudreaux (Acari: Tetranychidae). *Plants*. 10(6): 1-10.
- Lancaster, A.L., Deyton, D.E., Sams, C.E., Cummis, J.C., Pless, C.D. y Fare, D.C. 2002. Soybean oil control two-spotted spider mites on burning bush. *Journal of Environmental Horticulture* 20(2):86-92.
- Lee, G.Y., Han, Y.H., Soh, H.S., Lee, H.J. y Kim, S.K. 2011. Insecticidal activities of plant extracts against *Tetranychus urticae*. *Korean Journal of Organic Agriculture*. 19: 639-642.
- Meteab, H.R., Kadhim, J.H. y Al-Abedy, A.N. 2021. Effect of some vegetable oils on life stages of the two-spotted spider mite *Tetranychus Urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) on eggplant. *Natural Volatiles & Essential Oils*. 8: 2025-2030.
- Mex-Álvarez, R.M., Garma-Quen, P.M., Bolívar-Fernández, N.J. y Guillén-Morales, M.M. 2016. Análisis proximal y fitoquímico de cinco variedades de maíz del estado de Campeche (México). *Revista Latinoamericana Recursos Naturales*. 12 (2): 74-80.
- Moran, R.E., Deyton, D.E., Sams, C.E., Pless, C.D. y Cummins, J.C. 2003. Soybean oil as a summer spray for apple: European red mite control, Net CO₂ assimilation, and phytotoxicity. *HortScience* 38: 234-238.
- Monroy-Reyes, B., Posos-Ponce, P. y Posos, P.O.A. 2015. Control de araña roja *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) utilizando el acaricida Torque 500 sc (Óxido de fenbutatin) en el cultivo de frambuesa. *Entomología Mexicana*. 2: 332-338.
- Nag, S., Bhullar, M.B. y Kaur, P. 2020. Efficacy of biorationals against two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch, (Acari: Tetranychidae) infesting green pepper cultivated under protected conditions. *International Journal of Acarology*. 46(7): 489-495.
- Nawaz, H., Muzaffar, S., Aslam, M., y Ahmad, S. 2018. Phytochemical composition: Antioxidant potential and biological activities of corn. *Corn - Production and Human Health in Changing Climate*. Amanullah and F. Shah (ed). Pp 49-68.
- Nexticapan-Garcéz, A., Cua-Basulto, M., Martín-Mex, R., Pérez-Brito, D., Larqué-Saavedra, A., Villanueva-Couoh, E., Pérez-Gutiérrez, A. y Ruiz-Sánchez, E. 2021. Effects of botanical acaricides on *Raoiella indica* and *Oligonychus* sp. and their toxicity on two species of phytoseiid predatory mites. *Archives Phytopathology and Plant Protection* 54(19-20): 2221-2232.
- Olazarán-Santibañez, F.E., Heinz-Castro, R.T.Q., Rivera, G., Rocandio-Rodríguez, M., Navarrete-Carriola, D.V., Zapata-Campos, C.C., Moreno-Ramírez, Y.R. y Chacón-Hernández, J.C. 2024. Evaluation of ethanol extract of *Magnolia alejandrae* (Magnoliales: Magnoliaceae) against *Tetranychus merganser* (Acari: Tetranychidae). *Journal of Entomological Science*. 59(2): 193-210.
- Premalatha, K., Nelson, S.J., Vishnupriya, R., Balakrishnan, S. y Santhana K.V.P. 2018. Acaricidal activity of plant extracts on two spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). *Journal of Entomology and Zoology Studies* 6(1): 1622-1625.
- Regnault-Roger, C., Vincent, C. y Arnason, J.T. 2012. Essential oils in insect control: Low-risk products in a high-stakes world. *Annual Review of Entomology*. 57: 405-424.
- Rincón, R.A., Rodríguez, D. y Coy-Barrera, E. 2019. Botanicals against *Tetranychus urticae* Koch under laboratory conditions: A survey of alternatives for controlling pest mites. *Plants*. 8(8): 272.
- Rivera-Hernández, M., Luna-Guevara, J.J., Aragón-García, A., Pérez-Torres, B.C. y López-Olguin, J.F. 2023. Effect of extracts of *Citrus sinensis* (Rutaceae) and *Trichilia havanensis* (Meliaceae) in mortality and repellence of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). *Biotecnia*. 25(3): 154-161
- Shaabow, A., Ahmad, M. y Zidan, R. 2019. The biological control of two spotted spider mites using the predatory mite on bean grown under greenhouse conditions. *International Journal of Agriculture & Environmental Science*. 6(2): 63-69.
- Sivira, A., Sanabria, M.E., Valera, N. y Vásquez, C. 2011. Toxicity of ethanolic extracts from *Lippia origanoides* and *Gliricidia sepium* to *Tetranychus cinnabarinus* (Boisduval) (Acari: Tetranychidae). *Entomología neotropical*, 40: 375-379.
- Tak, J.H. e Isman, M.B. 2017. Acaricidal and repellent activity of plant essential oil-derived terpenes and the effect of binary mixtures against *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). *Industrial Crops and Products*, 108: 786-792.



- Talib, Y.J., Abass, M.H. y Thamer, N.K. 2023. Efficiency of some jasmonic acid concentrations on mortality of two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* Koch on eggplant. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 1225: 1-8.
- Umetsu, N. y Shirai, Y. 2020. Development of novel pesticides in the 21st century. Journal of Pesticides Science. 45(2): 54-74.
- Van Leeuwen, T., Vontas, J., Tsagkarakou, A., Dermauw, W. y Tirry L. 2010. Acaricide resistance mechanisms in the two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* and other important Acari: a review. Insect Biochemistry and Molecular Biology. 40(10): 563-572.
- Vergel, S.J.N., Rodríguez, C.L., Rodríguez, C.D. y Coy-Barrera, E. 2016. Effect of acaricidal activity of *Solanum nigrum* on *Tetranychus urticae* Koch under laboratory conditions. African Journal of Biotechnology. 15(10): 363-369.
- Wakgari, M. y Yigezu, G. 2018. Evaluation of some botanical extracts against two-spotted spider mite (Tetranychidae: *Tetranychus urticae* koch) under laboratory condition. Ethiopian Journal of Science. 41(1): 1-7.
- Yáñez, P.M., Escoba, A., Molina, C. y Zapata, G. 2014. A comparison between acaricidal activity of three essential oils from *Ocimum basilicum*, *Coriandrum sativum* y *Thymus vulgaris* and *Tetranychus urticae*. Revista de Ciencias de la Vida. 19(1):21-33.