



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO
POSGRADO EN FITOSANIDAD
ENTOMOLOGÍA Y ACAROLOGÍA

**TOXICIDAD DE ACARICIDAS BIORRACIONALES
SOBRE ÁCAROS DEPREDADORES
(ACARI: PHYTOSEIIDAE)**

MARITZA JUÁREZ DURÁN

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRA EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO

2017

La presente tesis titulada “**TOXICIDAD DE ACARICIDAS BIORRACIONALES SOBRE ÁCAROS DEPREDADORES (ACARI: PHYTOSEIIDAE)**”, realizada por la alumna **Maritza Juárez Durán** bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRA EN CIENCIAS

FITOSANIDAD
ENTOMOLOGÍA Y ACAROLOGÍA

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO



DR. J. REFUGIO LOMELI FLORES

ASESOR



DR. ESTEBAN RODRÍGUEZ LEYVA

ASESORA



DRA. MA. TERESA SANTILLÁN GALICIA

ASESOR



DR. ALFONSO TORRES RUÍZ

Montecillo, Texcoco, Estado de México, junio de 2017

TOXICIDAD DE ACARICIDAS BIORRACIONALES SOBRE ÁCAROS

DEPREDADORES (ACARI: PHYTOSEIIDAE)

Maritza Juárez Durán, M. en C.

Colegio de Postgraduados, 2017

RESUMEN

Los ácaros fitófagos son plagas primarias en diversos cultivos a nivel mundial. Dentro de las estrategias de manejo el control biológico usando ácaros depredadores representa una alternativa que está limitada por el efecto de los plaguicidas químicos dirigidos al control de los ácaros fitófagos. En ese sentido, el objetivo del presente estudio fue evaluar la toxicidad de cinco acaricidas biorracionales (akabrown®, requiem®, biodie®, acaritouch® y crisatryn®) y un testigo químico (abamectina) sobre hembras de los ácaros depredadores *Neoseiulus californicus*, *Amblyseius swirskii* y *Phytoseiulus persimilis*. Para ello se desarrollaron bioensayos de aplicación directa y superficie contaminada utilizando una torre de Potter. La mortalidad se evaluó a las 3, 24, 48 y 72 h y la toxicidad se clasificó de acuerdo con la escala de la Organización Internacional de Control Biológico (IOBC). Todos los bioensayos se desarrollaron a $25 \pm 2^\circ\text{C}$, 50-60% H.R. y un fotoperiodo de 16:8 horas luz/oscuridad. En los bioensayos de aplicación directa los productos biorracionales tuvieron mortalidades inferiores a 20% (categoría 1 de la IOBC = inofensivos), mientras que abamectina alcanzó 87.5% en *P. persimilis* (categoría 3 = moderadamente tóxico); 41% en *N. californicus* (categoría 2 = ligeramente tóxico) y 20% en *A. swirskii* (categoría 1 = inofensivo). Con respecto al bioensayo de superficie contaminada, los productos biorracionales, en todas las

especies de ácaros depredadores, mostraron mortalidades inferiores al 18% (inofensivo), a excepción de crysatrin® que registró mortalidades del 60 y 46% (ligeramente tóxico) para *N. californicus* y *A. swirskii*, respectivamente. En el caso de abamectina la mortalidad fue de ligera a moderadamente tóxica. Por lo tanto, los productos biorraciones pueden representar una alternativa viable para utilizarse de manera conjunta con los ácaros depredadores.

Palabras claves: *Neoseiulus californicus*, *Amblyseius swirskii*, *Phytoseiulus persimilis*, extractos botánicos.

TOXICITY OF BIORATIONAL ACARICIDES ON PREDATORY MITES

(ACARI: PHYTOSEIIDAE)

Maritza Juárez Durán, M. en C.

Colegio of Postgraduados, 2017

ABSTRACT

Phytophagous mites are primary pests in various crops worldwide. Among the existing strategies is the biological control using predatory mites. However, the survival of these biological control agents in the field can be affected by the use of chemical pesticide. The objective of this study was to evaluate the toxicity of five biorational acaricides (akabrown®, requiem®, biodie®, acaritouch® and crisatryn®) compared to a chemical insecticide (abamectin) on predatory mite *Neoseiulus californicus*, *Amblyseius swirskii* and *Phytoseiulus persimilis*. The effect of all treatments on the survival of predatory mite, were tested by direct spraying or by contacting the predatory mites with contaminated surfaces. Mortality of predatory mites on all treatments were recorded at 3, 24, 48 and 72 h after treatment applications. Mortality levels achieved were classified according to the scale of the International Organization for Biological Control (IOBC). All bioassays were maintained under a LD16:8, photocycle at 25 ± 2 ° C, 50-60% relative humidity. In the direct bioassays application experiment, the biorational products produced mortalities below 20% (category 1 = harmless) in the three species of predatory mites, while abamectin achieved 87.5% in *P. persimilis* (category 3 = moderately toxic); 41% in *N. californicus* (category 2 = slightly toxic), and 20% in *A. swirskii* (harmless). In the contaminated surface experiment, the biorational products in the

three predatory mite species produced mortalities below 18% (harmless), with the exception of cysatrin,[®] which produced 60% and 46% mortalities (slightly toxic) in *N. californicus* and *A. swirskii*, respectively. In the case of abamectin, mortality ranged from mild to moderately toxic. In conclusion, biorational products represent a viable alternative to be used in conjunction with predatory mites for the control of phytophagous mites.

Keywords: *Neoseiulus californicus*, *Amblyseius swirskii*, *Phytoseiulus persimilis*, botanical extracts.

DEDICATORIA

A Dios por darme fortaleza en los momentos más difíciles y poner en mi camino a personas que me han brindado su amor, apoyo y amistad.

A ese angelito que siempre estará en mi corazón y será un motor para seguir aprendiendo y valorando lo que la vida nos ofrece.

AGRADECIMIENTOS

Al pueblo de México que, a través del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y del Colegio de Postgraduados, me brindó la oportunidad de seguir con mi formación profesional.

Al Dr. J. Refugio Lomeli Flores por guiarme durante esta etapa profesional pero sobre todo por su paciencia, apoyo y gran calidad humana.

A los doctores Esteban Rodríguez Leyva, Ma. Teresa Santillán Galicia y Alfonso Torres Ruiz por sus atinados comentarios para el desarrollo de la investigación y del presente trabajo.

A Koppert México por la disponibilidad de proporcionar el material biológico para el desarrollo de los experimentos.

A la Ing. Bertha Ma. Toledo Mercado, y personal de logística de Koppert México, por la coordinación para el envío del material biológico.

A todo el equipo de control biológico por el apoyo brindado y su amistad.

CONTENIDO

RESUMEN	iii
ABSTRACT	v
DEDICATORIA	vii
AGRADECIMIENTOS.....	viii
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. OBJETIVO.....	3
3. MATERIALES Y MÉTODOS	3
3.1. Cría de <i>Tetranychus urticae</i>	3
3.2. Ácaros depredadores.....	3
3.3. Acaricidas biorracionales	4
3.4. Bioensayo mediante aplicación directa	6
3.5. Bioensayo mediante superficie contaminada	6
3.6. Análisis estadístico.....	7
4. RESULTADOS	8
4.1. Bioensayo mediante aplicación directa	8
4.1.1. <i>Neoseiulus californicus</i>	8
4.1.2. <i>Amblyseius swirskii</i>	9
4.1.3. <i>Phytoseiulus persimilis</i>	9
4.2. Bioensayo mediante superficie contaminada	10
4.2.1. <i>Neoseiulus californicus</i>	10
4.2.2. <i>Amblyseius swirskii</i>	11
4.2.3. <i>Phytoseiulus persimilis</i>	11
5. DISCUSIÓN.....	12
6. CONCLUSIÓN.....	15
7. LITERATURA CONSULTADA.....	16

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Acaricidas biorracionales y dosis evaluadas sobre hembras adultas de <i>N. californicus</i> , <i>A. swirskii</i> y <i>P. persimilis</i> en bioensayos de laboratorio.....	5
Cuadro 2. Mortalidad de hembras adultas de <i>Neoseiulus californicus</i> expuestas a los tratamientos mediante aplicación directa.....	8
Cuadro 3. Mortalidad de hembras adultas de <i>Amblyseius swirskii</i> expuestas a los tratamientos mediante aplicación directa.....	9
Cuadro 4. Mortalidad de hembras adultas de <i>Phytoseiulus persimilis</i> expuestas a los tratamientos mediante aplicación directa.....	10
Cuadro 5. Mortalidad de hembras adultas de <i>Neoseiulus californicus</i> expuestas a los tratamientos mediante aplicación por superficie contaminada.....	10
Cuadro 6. Mortalidad de hembras adultas de <i>Amblyseius swirskii</i> expuestas a los tratamientos mediante aplicación de superficie contaminada.....	11
Cuadro 7. Mortalidad de hembras adultas de <i>Phytoseiulus persimilis</i> expuestas a los tratamientos mediante aplicación de superficie contaminada.....	12

1. INTRODUCCIÓN

Los ácaros fitófagos, entre los que destacan las familias Tenuipalpidae, Tetranychidae, Tarsonemidae y Eriophyidae, constituyen uno de los principales problemas en los cultivos agrícolas; parte de esta problemática se debe al desconocimiento de aspectos biológicos, ecológicos y malas prácticas de manejo (Ochoa *et al.*, 1991). Aunque se han realizado esfuerzos para integrar más de una táctica de manejo, por ejemplo: control biológico, genético y uso de productos biorracionales (Monteiro *et al.*, 2014; González-Domínguez *et al.*, 2015), el control químico es el método más ampliamente utilizado y su uso frecuente está relacionado con el desarrollo de resistencia (Onstad y Knolhoff, 2014; Riga *et al.*, 2014; Numa *et al.*, 2015).

Tetranychus urticae Koch (Acari: Tetranychidae) se considera el ácaro fitófago más importante a nivel mundial, pues afecta alrededor de 3,877 plantas hospederas (Attia *et al.*, 2013), y está en el primer lugar de resistencia a productos químicos con 501 casos documentados, correspondientes a 97 ingredientes activos, donde se encuentran productos como abamectina, pyridaben, fenpyroximate, dicofol, dimetoato, bifenazate, chlorfenapyr y algunos piretroides (Nauen *et al.*, 2001; Riga *et al.*, 2014; IRAC, 2017). Debido al incremento de casos de resistencia a los plaguicidas, y al incremento de riesgos para el ser humano y el ambiente por el uso indiscriminado de estos productos, se ha incrementado la demanda de métodos sustentables y de menor riesgo para el ambiente (Tirello *et al.*, 2012; Argolo *et al.*, 2014). En ese sentido, el uso de ácaros depredadores de la familia Phytoseiidae ha mostrado ser efectivo en el manejo de ácaros fitófagos, particularmente en sistemas de producción en agricultura protegida, y representan una alternativa viable. Entre los ácaros depredadores más utilizados se

encuentran *Amblyseius swirskii* (Athias-Henriot), *Neoseiulus californicus* McGregor, *Amblyseius andersoni* Chant, *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot y *Euseius stipulatus* (Athias-Henriot) (Kostiainen y Hoy, 1996; Fiedler y Sosnowska, 2014; Rahmani *et al.*, 2016; Howell y Daugovish, 2016).

La efectividad de los ácaros depredadores puede ser limitada por los efectos negativos que provocan los plaguicidas químicos, al ser enmarcados ambos en programas de manejo integrado de plagas (Poletti *et al.*, 2007; Argolo *et al.*, 2013; Argolo *et al.*, 2014; Lopez *et al.*, 2015). Por consiguiente, los plaguicidas biorracionales a base de extractos vegetales pueden representar una alternativa para el control de plagas cuando se emplean en conjunto con enemigos naturales. Esto debido a que algunos productos biorracionales ocasionan mortalidades del 30 al 90% y tienen efectos de repelencia, y/o toxicidad y afectación en el desarrollo de las plagas (Tello-Mercado *et al.*, 2014; Marcic *et al.*, 2015; Shahrma y Khalequzzaman, 2016; Harder *et al.*, 2016) y aparentemente mínimo impacto sobre enemigos naturales y otros organismos no objetivos como mamíferos (Cavalcanti *et al.* 2010; Attia *et al.* 2011; Regnault-Roger *et al.*, 2012). A pesar de las bondades que prometen ciertos productos biorracionales, existen pocos estudios donde se evalúen sus efectos negativos sobre ácaros depredadores (Mansour *et al.*, 1987; Choi *et al.*, 2004; Duso *et al.*, 2008a; Han *et al.*, 2010); además, hace falta documentar el efecto de dichos productos en las especies de ácaros depredadores disponibles comercialmente y que son las más utilizadas en manejo de ácaros en invernadero.

2. OBJETIVO

Evaluar la toxicidad de cinco acaricidas biorracionales sobre *Neoseiulus californicus*, *Amblyseius swirskii* y *Phytoseiulus persimilis* mediante aplicación directa y superficie contaminada.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el laboratorio de Control Biológico del Postgrado en Fitosanidad-Entomología y Acarología, del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Texcoco, Estado de México, utilizando una cámara bioclimática a $25 \pm 2^\circ\text{C}$, 50-60% H.R. y fotoperiodo de 16:8 horas luz/oscuridad.

3.1. Cría de *Tetranychus urticae*

La colonia de araña roja *T. urticae* se inició con material recolectado en crisantemo (*Chrysanthemum* spp.) en invernaderos de Tequexquinahuac y San Diego, Texcoco, Estado de México; la colonia se mantuvo en plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris* (L.) var. negro jamapa) de 15 a 30 días de edad en macetas de plástico con tierra, peat moss y tezontle (2:1:1) en condiciones de invernadero ($25 \pm 5^\circ\text{C}$ y 12:12 h luz: oscuridad).

3.2. Ácaros depredadores

Para los bioensayos se utilizaron tres especies de ácaros depredadores de la familia Phytoseiidae: *N. californicus*, *A. swirskii* y *P. persimilis*, las tres especies fueron proporcionadas en su presentación comercial por la empresa Koppert México. Dado que los ácaros depredadores son acondicionados con sustrato y alimento para su comercialización, previo a la realización de los bioensayos fue necesario separarlos de estos. Bajo microscopio estereoscópico hembras adultas de los ácaros depredadores se transfirieron a cajas Petri de 4.0 cm de diámetro por 1.5 cm de alto y se mantuvieron en

una hielera con geles refrigerantes (8-10 °C) para reducir su movilidad y facilitar su transferencia a las arenas experimentales.

3.3. Acaricidas biorracionales

Considerando la mayor frecuencia de aplicación de productos biorracionales para el control de plagas en el cultivo de frutillas, se seleccionaron y evaluaron cinco de estos acaricidas a las dosis altas recomendadas por los fabricantes (Cuadro 1). Además se incluyó un testigo químico, la abamectina (Protectin® CE, 0.6 L/ha), y un testigo absoluto (agua destilada). De esta manera el experimento constó de siete tratamientos incluyendo los testigos. En todos los tratamientos se consideró un volumen de aplicación de 400 L/ha.

Cuadro 1. Acaricidas biorracionales y dosis evaluadas sobre hembras adultas de *N. californicus*, *A. swirskii* y *P. persimilis* en bioensayos de laboratorio.

Ingrediente activo	Nombre comercial	¹ Dosis (L/ha)	Modo de acción	Compañía comercial
Monolaurato de propilenglicol	Acaritouch® CE	2.0	Bloqueo de espiráculos y desparafinado de la cutícula de la plaga	Arysta Lifescience
Extracto de <i>Chenopodium ambrosioides</i>	Requiem® CE	1.5	Degrada la exocutícula y destruye el revestimiento de tráqueas	Bayer De México, S.A. De C.V.
Extracto a base de aceites de canela 1.5%, orégano 0.5%, menta 1.0%, clavo 1.0%, neem 6.5%. Acondicionadores y estabilizadores 28.65%, diluyentes y extractos vegetales 60.85%.	Akabrown® CE	1.5	Repelencia, efecto antialimentario, disrupción sexual, cambios de comportamiento y cambios en la cutícula	Greencorp Biorganiks de México, S.A. de C.V.
Argemonina 3.5%, berberina 2.2%, ricinina 2.8% y α - Terthienil 3.5%	Bodie®	3.0	Destruye cutícula y afecta sistema nervioso central y periférico: convulsiones, tetanización de músculos y muerte	Promotora Técnica Industrial, S.A. de C.V.
Piretrina	Crisatryn® 0.2% PH	3.0 ¹	Moduladores del canal de Sodio	Agrícola Innovación, S.A. de C.V.

¹ Dosis altas recomendadas en la ficha técnica del producto.

3.4. Bioensayo mediante aplicación directa

Para desarrollar los bioensayos de aplicación directa se siguió la metodología establecida por Tello-Mercado *et al.* (2014) con algunas modificaciones. La arena experimental fue un disco de hoja de frijol, de 2.6 cm de diámetro con el envés expuesto, y colocado sobre 1.5 mL de agar al 2% dentro de una caja tipo Petri de 2.6 cm de diámetro por 1.0 cm de alto. En la tapa se hizo un orificio de ventilación de 0.4 cm de diámetro y se cubrió con malla de 90 hilos/pulgada², una vez establecido este dispositivo se transfirieron, para que sirvieran de alimento, 40 individuos adultos de *T. urticae* sobre el envés del disco de hoja. Las aplicaciones de los tratamientos se hicieron con una torre de Potter asperjando 2 mL de solución a 40 PSI sobre 20 hembras adultas de los ácaros depredadores que fueron previamente separadas como se señala en la sección 3.2. ácaros depredadores; inmediatamente después de la aspersión los depredadores se transfirieron a las arenas experimentales. Se hicieron 10 repeticiones por cada una de las especies evaluadas. La variable respuesta fue mortalidad y se realizaron evaluaciones a las 3, 24, 48 y 72 horas posteriores a la aspersión. Se consideró como individuo muerto aquel que al estimularlo con un golpeteo sueve en la caja Petri no presentaba movimiento. Las arenas experimentales con los ácaros depredadores se mantuvieron en una cámara bioclimática con las condiciones anteriormente descritas.

3.5. Bioensayo mediante superficie contaminada

Para los bioensayos de superficie contaminada se siguió la metodología utilizada por López *et al.* (2015) con algunas modificaciones. La unidad experimental fue un disco de hoja de frijol dentro de una caja tipo Petri como la descrita en la sección anterior. Las aplicaciones de los tratamientos se hicieron con una torre tipo Potter, asperjando 2 mL

de solución a 40 PSI, sobre las dos superficies interiores de la unidad experimental, posteriormente se dejaron secar a temperatura ambiente durante 1 hora, para eliminar el exceso de humedad, y se transfirieron 40 adultos de *T. urticae* como alimento y 20 hembras adultas depredadoras por cada unidad experimental. Para este bioensayo se realizaron 10 repeticiones por cada especie depredadora; las revisiones para evaluar mortalidad se realizaron como se señaló en la sección anterior. Las arenas experimentales con los ácaros depredadores se mantuvieron en una cámara bioclimática con las condiciones anteriormente señaladas.

3.6. Análisis estadístico

El diseño experimental de ambos tipos de bioensayos fue completamente al azar con 10 repeticiones por tratamiento para cada especie. Antes de realizar el análisis estadístico se realizó una transformación arcoseno raíz cuadrada del porcentaje de mortalidad para cumplir con los supuestos de normalidad, después se realizó un análisis de varianza. En caso de detectar diferencias se realizó una comparación de medias de Tukey ($\alpha= 0.05$ de significancia). El paquete estadístico utilizado fue Infostat versión 2014 (Di Rienzo *et al.*, 2014). Considerando la complejidad del manejo del material biológico, la aplicación de los tratamientos se realizó por separado para cada especie de ácaro depredador por lo que los análisis y descripción de resultados se hicieron por especie.

4. RESULTADOS

4.1. Bioensayo mediante aplicación directa

4.1.1. *Neoseiulus californicus*

En el caso de *N. californicus* se encontraron diferencias estadísticas a las 24 h ($F_{6, 63} = 3.82$, $p = 0.0026$), 48 h ($F_{6, 63} = 8.66$, $p < 0.0001$) y 72 h ($F_{6, 63} = 7.25$, $p < 0.0001$) posteriores a la evaluación (Cuadro 2). Tomando en cuenta que la mortalidad fue acumulativa en los tiempos de evaluación, se encontró que la mortalidad ocasionada por los productos biorracionales a las 72 horas fue inferior al 19%, por lo que de acuerdo a la toxicidad de insecticidas sobre enemigos naturales para ensayos de laboratorio, establecida por la Organización Internacional de Control Biológico (IOBC por sus siglas en inglés) (Boller, 2005), la toxicidad de los tratamientos biorracionales se consideró en la categoría de inofensivos (<30%). En tanto que la mortalidad ocasionada por la abamectina alcanzó una mortalidad de 42% y se ubicó en ligeramente tóxica (30-79%).

Cuadro 2. Mortalidad de hembras adultas de *Neoseiulus californicus* expuestas a los tratamientos mediante aplicación directa.

Tratamiento	Mortalidad (% \pm error estándar) ¹			
	3 h	24 h	48 h	72 h
Testigo	1.50 \pm 0.76 A	7.00 \pm 1.70 A	9.50 \pm 1.38 A	11.00 \pm 1.63 A
Akabrown	1.00 \pm 0.67 A	6.00 \pm 2.33 A	9.00 \pm 2.08 A	11.50 \pm 3.66 A
Requiem	0.50 \pm 0.50 A	3.50 \pm 1.67 A	8.00 \pm 2.49 A	15.50 \pm 3.02 A
Biodie	0.50 \pm 0.50 A	7.00 \pm 3.96 A	11.50 \pm 3.34 A	12.00 \pm 3.27 A
Acaritouch	0.50 \pm 0.50 A	8.00 \pm 2.26 B	10.00 \pm 1.83 A	14.50 \pm 3.11 A
Crisatryn	1.00 \pm 0.67 A	10.50 \pm 4.74 B	16.00 \pm 4.70 A	18.50 \pm 4.48 A
Abamectina	1.00 \pm 0.67 A	21.00 \pm 2.77 C	38.50 \pm 3.50 B	41.00 \pm 3.48 B

¹Medias con la misma letra en una columna no difieren estadísticamente entre si ($\alpha = 0.05$).

4.1.2. *Amblyseius swirskii*

Para *A. swirskii* la respuesta de mortalidad tuvo un comportamiento similar entre varios periodos de evaluación y tratamientos (Cuadro 3). La mortalidad mayor se registró a las 72 h, y en este caso fluctuó de 7.14 a 20.71% lo que hace que se consideren como inofensivos (< 30%). Es importante indicar que con esta especie, al final del experimento se presentó una mortalidad cercana al 21%, lo cual fue casi el doble de la ocasionada por la mayoría de los productos biorracionales, pero aun así se mantuvo en la misma categoría según la clasificación de la IOBC.

Cuadro 3. Mortalidad de hembras adultas de *Amblyseius swirskii* expuestas a los tratamientos mediante aplicación directa.

Tratamiento	Mortalidad (% \pm error estándar) ¹			
	3 h	24 h	48 h	72 h
Testigo	0.00 \pm 0.00 A	0.71 \pm 0.71 A	2.86 \pm 1.01 A	5.00 \pm 1.54 A
Akabrown	2.14 \pm 1.01 A	1.43 \pm 0.92 B	5.00 \pm 1.89 A	8.57 \pm 1.80 A
Requiem	0.71 \pm 0.71 A	6.43 \pm 3.40 B	7.14 \pm 3.25 A	7.86 \pm 3.43 A
Biodie	0.71 \pm 0.71 A	5.71 \pm 2.97 B	8.57 \pm 4.19 A	10.00 \pm 3.93 A
Acaritouch	2.86 \pm 1.49 A	9.29 \pm 4.42 B	12.14 \pm 4.06 A	15.00 \pm 5.12 A
Crisatryn	1.43 \pm 0.92 A	3.57 \pm 1.43 B	5.71 \pm 1.70 A	7.14 \pm 2.40 A
Abamectina	6.43 \pm 2.61 A	13.57 \pm 5.08 C	17.86 \pm 5.96 A	20.71 \pm 7.75 A

¹Medias con la misma letra en una columna no difieren estadísticamente entre sí ($\alpha = 0.05$).

4.1.3. *Phytoseiulus persimilis*

En todos los tiempos de evaluación se encontraron diferencias en la mortalidad producida por los productos evaluados sobre *P. persimilis*: 3 h ($F_{6, 63} = 4.09$, $p = 0.0016$), 24 h ($F_{6, 63} = 19.42$, $p < 0.0001$), 48 h ($F_{6, 63} = 42.19$, $p < 0.0001$) y 72 h ($F_{6, 63} = 94.34$, $p < 0.0001$) (Cuadro 4). La mortalidad ocasionada por los productos biorracionales osciló entre el 9 y 12.5% por lo que se consideraron inofensivos. La abamectina alcanzó 87.5% de mortalidad, lo que se categoriza como moderadamente tóxica (80-99%).

Cuadro 4. Mortalidad de hembras adultas de *Phytoseiulus persimilis* expuestas a los tratamientos mediante aplicación directa.

Tratamiento	Mortalidad (% \pm error estándar) ¹			
	3 h	24 h	48 h	72 h
Testigo	0.50 \pm 0.50 A	1.50 \pm 0.76 A	2.50 \pm 0.83 A	6.50 \pm 0.76 A
Akabrown	0.50 \pm 0.50 A	2.50 \pm 0.83 A	4.00 \pm 1.25 A	9.00 \pm 1.63 A
Requiem	1.00 \pm 0.67 A	4.00 \pm 1.45 A	6.00 \pm 1.45 A	9.00 \pm 1.45 A
Biodie	0.50 \pm 0.50 A	5.00 \pm 1.49 A	8.50 \pm 2.59 A	12.50 \pm 1.54 A
Acaritouch	1.50 \pm 1.07 A	3.50 \pm 1.07 A	5.50 \pm 1.74 A	10.00 \pm 1.67 A
Crisatryn	1.50 \pm 1.07 A	5.00 \pm 1.97 A	7.00 \pm 1.86 A	9.50 \pm 2.73 A
Abamectina	6.00 \pm 1.45 B	36.50 \pm 4.72 B	71.50 \pm 5.11 B	87.50 \pm 3.27 B

¹Medias con la misma letra en una columna no difieren estadísticamente entre sí ($\alpha = 0.05$).

4.2. Bioensayo mediante superficie contaminada

4.2.1. *Neoseiulus californicus*

La mortalidad de *N. californicus* fue diferente en los diferentes tiempos de evaluación 3 h ($F_{6, 63} = 7.72$, $p < 0.0001$), 24 h ($F_{6, 63} = 28.99$, $p < 0.0001$), 48 h ($F_{6, 63} = 70.26$, $p < 0.0001$) y 72 h ($F_{6, 63} = 91.72$, $p < 0.0001$) (Cuadro 5). En esta especie crisantryn ocasionó una mortalidad de 60%, por lo que se ubicó en ligeramente tóxico. En el resto de productos biorracionales se tuvo una variación del 3 al 18% de mortalidad, no obstante, todos cayeron en la categoría de inofensivos. En tanto que la abamectina alcanzó una mortalidad de 97%, por lo que fue moderadamente tóxica (80-99%).

Cuadro 5. Mortalidad de hembras adultas de *Neoseiulus californicus* expuestas a los tratamientos mediante aplicación por superficie contaminada.

Tratamiento	Mortalidad (% \pm error estándar) ¹			
	3 h	24 h	48 h	72 h
Testigo	0.50 \pm 0.50 A	1.50 \pm 0.76 A	2.50 \pm 0.83 A	3.50 \pm 1.07 A
Akabrown	3.50 \pm 1.83 A	4.50 \pm 1.74 B	6.00 \pm 1.63 B	7.50 \pm 1.71 B
Requiem	1.50 \pm 0.76 A	4.50 \pm 1.57 A	7.50 \pm 2.61 B	8.00 \pm 2.49 B
Biodie	2.00 \pm 0.82 B	8.00 \pm 1.70 B	10.50 \pm 2.03 B	11.50 \pm 1.67 B
Acaritouch	3.50 \pm 1.30 B	9.00 \pm 2.45 C	10.50 \pm 2.29 C	18.00 \pm 5.07 C
Crisatryn	16.50 \pm 4.72 C	32.50 \pm 7.50 D	46.00 \pm 7.10 D	60.00 \pm 6.01 D
Abamectina	7.50 \pm 1.86 B	63.00 \pm 5.49 E	92.00 \pm 2.49 E	97.50 \pm 1.34 E

¹Medias con la misma letra en una columna no difieren estadísticamente entre sí ($\alpha = 0.05$).

4.2.2. *Amblyseius swirskii*

En el caso de *A. swirskii* se encontraron diferencias estadísticas en todos los tiempos de evaluación 3 h ($F_{6, 63} = 3.84$, $p = 0.0025$), 24 h ($F_{6, 63} = 25.01$, $p < 0.0001$), 48 h ($F_{6, 63} = 31.01$, $p < 0.0001$) y 72 h ($F_{6, 63} = 57.11$, $p < 0.0001$) (Cuadro 6). La mayor mortalidad de los productos biorracionales se obtuvo con crysatrin (piretrina) 46%, lo que la ubica en la categoría de ligeramente tóxico, mientras que el resto de los productos se ubicaron en la categoría de inofensivos. Por su parte la abamectina alcanzó una mortalidad de 82%, por lo que fue moderadamente tóxica (80-99%).

Cuadro 6. Mortalidad de hembras adultas de *Amblyseius swirskii* expuestas a los tratamientos mediante aplicación de superficie contaminada.

Tratamiento	Mortalidad (% \pm error estándar) ¹			
	3 h	24 h	48 h	72 h
Testigo	0.00 \pm 0.00 A	1.00 \pm 0.67 A	3.00 \pm 1.33 A	4.50 \pm 1.38 A
Akabrown	0.00 \pm 0.00 A	3.50 \pm 1.07 B	7.50 \pm 2.14 B	12.00 \pm 3.18 B
Requiem	0.00 \pm 0.00 A	1.50 \pm 0.76 A	6.00 \pm 1.63 B	9.00 \pm 1.25 B
Biodie	0.50 \pm 0.50 B	4.50 \pm 1.57 B	9.00 \pm 2.45 C	12.00 \pm 2.26 B
Acaritouch	4.00 \pm 1.80 B	8.50 \pm 1.98 C	11.50 \pm 2.48 C	16.00 \pm 2.87 C
Crisatryn	3.50 \pm 1.30 C	14.50 \pm 1.89 D	26.00 \pm 2.08 D	46.50 \pm 2.59 D
Abamectina	1.00 \pm 0.67 B	29.50 \pm 2.63 E	60.00 \pm 4.89 E	82.00 \pm 4.42 E

¹Medias (\square) con la misma letra en una columna no difieren estadísticamente entre sí ($\alpha = 0.05$).

4.2.3. *Phytoseiulus persimilis*

Los resultados de mortalidad para *P. persimilis* señalan diferencias estadísticas a las 24 h ($F_{6, 63} = 3.49$, $p = 0.0048$), 48 h ($F_{6, 63} = 11.40$, $p < 0.0001$) y 72 h ($F_{6, 63} = 40.10$, $p < 0.0001$) (Cuadro 7). La mortalidad ocasionada por los productos biorracionales fue inferior al 12%, por lo cual se ubican en la categoría tóxica de inofensivos. En el caso de la abamectina está ocasionó una mortalidad de 75%, por lo que se ubica en la categoría de ligeramente tóxica.

Cuadro 7. Mortalidad de hembras adultas de *Phytoseiulus persimilis* expuestas a los tratamientos mediante aplicación de superficie contaminada.

Tratamiento	Mortalidad (% \pm error estándar) ¹			
	3 h	24 h	48 h	72 h
Testigo	0.00 \pm 0.00 A	1.50 \pm 0.76 A	3.00 \pm 0.82 A	4.50 \pm 1.38 A
Akabrown	0.50 \pm 0.50 A	4.00 \pm 1.45 B	5.50 \pm 1.74 A	6.50 \pm 1.98 A
Requiem	1.00 \pm 0.67 A	7.00 \pm 1.86 B	10.50 \pm 1.89 A	12.00 \pm 2.60 A
Bodie	0.00 \pm 0.00 A	4.00 \pm 1.25 B	6.50 \pm 1.67 A	7.50 \pm 1.86 A
Acaritouch	1.00 \pm 1.00 A	4.50 \pm 1.74 B	7.00 \pm 1.86 A	9.00 \pm 2.45 A
Crisatryn	1.00 \pm 1.00 A	3.00 \pm 1.70 A	4.50 \pm 1.74 A	8.50 \pm 2.48 A
Abamectina	2.50 \pm 0.83 A	10.00 \pm 1.49 C	28.50 \pm 2.11 B	75.00 \pm 3.80 B

¹Medias con la misma letra en una columna no difieren estadísticamente entre sí ($\alpha = 0.05$).

5. DISCUSIÓN

De manera general, se observa que para todas las especies de ácaros y productos evaluados la mortalidad alcanzada a las 3 horas no excedió del 7% y ocasionalmente se presentaron diferencias entre tratamientos. No obstante, el porcentaje de mortalidad se fue incrementando conforme transcurrió el tiempo. El porcentaje de mortalidad en los productos biorracionales, en los diferentes tiempos de evaluación, tuvieron relativamente escasa variación y a las 72 h la mayoría de ellos se mantuvieron en la categoría de inofensivos (mortalidad <30%). El crisatryn se salió de esa generalidad pues fue ligeramente tóxico (mortalidad 30-79%) a las 72 h, en aplicación de superficie contaminada, para *N. californicus* y *A. swirskii*. Para el resto de la discusión se tomará en cuenta sólo la mortalidad acumulada en la evaluación final.

Los resultados generales muestran que la mortalidad ocasionada en los ácaros depredadores por los productos biorracionales: Akabrown, Réquiem, Bodie y Acaritouch se catalogó como inofensiva (< 30%), dichos resultados son semejantes a los encontrados para otros organismos benéficos con extractos botánicos como cardomo

(*Elettaria cardamomum* (L.) Maton), canela (*Cinnamomum zeylanicum* Bark), clavo (*Syzygium aromaticum* Linneo), eucalipto (*Eucalyptus* spp.), jazmín (*Jasminum* spp.), quelite (*Quenopodium quinoa* Willd), neem (*Azadirachtina* sp.), tola (*Baccharis tola* Phil.), chiquirahua (*Chuquiraga atacamensis*), lampaya (*Lampaya medicinalis* Phil.), (*Cnidioscolus aconitifolius* (Mill.) I. M. Johnst), entre otros (González-Maldonado y García-Gutiérrez, 2012, Tello-Mercado *et al.*, 2014; Marcic *et al.*, 2015; Shahrma y Khalequzzaman, 2016; Harder *et al.*, 2016). En el caso del crisatryn (piretrina) este tuvo una mortalidad de ligeramente tóxico (30-79%) en *N. californicus* y *A. swirskii*, lo cual concuerda con estudios realizados en otros ácaros fitófagos y fitoséidos donde las mortalidades fueron cercanas a 60% (Pozzebon y Duso, 2010). A pesar de que los productos biorracionales ocasionan bajas mortalidades en organismos benéficos, existen reportes que señalan efectos subletales en parámetros poblacionales y de comportamiento, como reproducción y movilidad, por lo cual es necesario realizar estudios complementarios para definir su pertinencia dentro de las estrategias de manejo integrado de plagas (Zhang y Sanderson, 1990; Hoffmann *et al.*, 2013; Reddy *et al.*, 2014).

Aunque los experimentos se realizaron de manera independiente por especie se puede indicar que se manifestaron algunas diferencias de susceptibilidad dependiendo del método de aplicación. Así el crisatryn en superficie contaminada causó mayor mortalidad que en contacto directo. En el caso de la abamectina también las mortalidades se incrementaron en superficie contaminada con respecto a aplicación por contacto. Lo anterior, concuerda con los resultados obtenidos en otros organismos fitófagos y benéficos, donde se encontraron mayores mortalidades en la metodología de superficie

contaminada (Pozzebon y Duso, 2010; Luna *et al.*, 2011; Tello *et al.*, 2014). Dicho incremento en la mortalidad podría estar relacionado a que los ácaros depredadores estuvieron expuestos por mayor tiempo a los productos, al caminar por la superficie tratada (Estay *et al.*, 2005; Luna *et al.*, 2011). En el caso de la abamectina, es un insecticida de contacto con movimiento traslaminar que actúa en la disrupción de ácido gamma aminobutírico (GABA) y glutamato, lo que afecta directamente la acción nerviosa y muscular de los organismos (IRAC, 2011). Resultados similares se han obtenido sobre otros artrópodos benéficos como *Amblyseius degenerans* Berlese, *A. cucumeris* (Oudemans), *P. persimilis*, *N. californicus*, *Aphidius colemani* Viereck, *Aphidoletes aphidimyza* (Rondani), *Dacnusa sibirica* Telenga, *Encarsia formosa* (Gahan) y *Orius insidiosus* (Say) (Shipp *et al.*, 2000; Duso *et al.*, 2008b; Kaplar *et al.*, 2012; Argolo *et al.*, 2014).

Entre las especies de ácaros depredadores evaluadas se encontró que en la aplicación directa *P. persimilis* mostró la mayor mortalidad, seguido de *A. swirskii* y en último lugar *N. californicus*. Zhang y Sanderson (1990) señalan que las diferencias de mortalidad entre especies de fitoseidos a un mismo producto químico se pueden atribuir a la variación de susceptibilidad entre ellas y también se puede deber a las diferencias de tamaño (ácaros de mayor tamaño pueden recibir más producto), la cantidad de cerdas en el cuerpo (que puede o no favorecer el contacto con los productos químicos), o incluso los hábitos de acicalamiento.

En este trabajo se determinó que la mortalidad por cuatro de los productos biorracionales ocasionaron mortalidades menores al 20% en tres especies de ácaros depredadores, misma que se usan comúnmente en control biológico por incremento en

agricultura protegida. Los rangos de mortalidad en ácaros depredadores podrían sugerir potencial de estos productos biorracionales para considerarse dentro de programa de manejo integrado de ácaros fitófagos. Sin embargo, es conveniente considerar que es necesaria la evaluación de efectos subletales de algunos de esos productos, y de su comportamiento en experimentos controlados en invernadero antes de recomendar su uso rutinario en programas de control integrado.

6. CONCLUSIÓN

Existió variación en la mortalidad por los acaricidas biorracionales, pero en general las mortalidades fueron inferiores al 20% lo que los ubica en la categoría de inofensivos. El crysantin se salió de esa generalidad y ocasionó mortalidades de 40 a 60%, en contacto directo y superficie contaminada respectivamente, con lo que se consideraría como ligeramente tóxico (30-79% de mortalidad).

7. LITERATURA CONSULTADA

- Argolo, P. S., J. A. Jacas, A. Urbaneja. 2014. Comparative toxicity of pesticides in three phytoseiid mites with different life-style occurring in citrus: *Euseius stipulatus*, *Neoseiulus californicus* and *Phytoseiulus persimilis*. *Exp Appl Acarol.* 62: 33–46. doi:10.1007/s10493-013-9726-2
- Argolo, P. S., N. Banyuls, S. Santiago, Ó. Mollá, J. A. Jacas, A. Urbaneja. 2013. Compatibility of *Phytoseiulus persimilis* and *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae) with imidacloprid to manage clementine nursery pests. *Crop Protection* 43: 175–182. doi:10.1016/j.cropro.2012.09.018
- Attia, S, K. L. Grissa, A. C. Mailleux, G. Lognay, S. Heuskin, S. Mayoufi, T. Hance. 2011. Effective concentrations of garlic distillate (*Allium sativum*) for the control of *Tetranychus urticae* (Tetranychidae). *J Appl Entomol.* 136: 302-312. doi:10.1111/j.1439-0418.2011.01640.
- Attia, S., K. L. Grissa, G. Lognay, E. Bitume, T. Hance, A. C. Mailleux. 2013. A review of the major biological approaches to control the worldwide pest *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) with special reference to natural pesticides: Biological approaches to control *Tetranychus urticae*. *J Pest Sci.* 86: 361–386. doi:10.1007/s10340-013-0503-0
- Boller, E. F., H. Vogt, P. Ternes, C. Malavolta. 2005. Working Document on Selectivity of Pesticides (2005). International Organisation Biological Control (IOBC). Disponible en línea [https://www.iobc-wprs.org/ip_ipm/03021_IOBC_WorkingDocumentPesticides_ Explanations.pdf](https://www.iobc-wprs.org/ip_ipm/03021_IOBC_WorkingDocumentPesticides_Explanations.pdf) consultado el 20 mayo de 2017.

- Choi, W. I., S. G. Lee, H.-M. Park, Y. J. Ahn, 2004. Toxicity of plant essential oils to *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) and *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae). J Econ Entomol. 97: 553–558.
- Di Rienzo, J. A., F. Casanoves, M. G. Balzarini, L. González, M. Tablada, C. W. Robledo. 2014. InfoStat versión 2014. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL .
- Duso, C., V. Malagnini, A. Pozzebon, F. M. Buzzetti, P. Tirello. 2008a. A method to assess the effects of pesticides on the predatory mite *Phytoseiulus persimilis* (Acari Phytoseiidae) in the laboratory. Biocontrol Sci Technol. 18: 1027–1040. doi: 10.1080/09583150802521251
- Duso, C., V. Malagnini, A. Pozzebon, M. Castagnoli, M. Liguori, S. Simoni. 2008b. Comparative toxicity of botanical and reduced-risk insecticides to Mediterranean populations of *Tetranychus urticae* and *Phytoseiulus persimilis* (Acari Tetranychidae, Phytoseiidae). Biol Control. 47: 16–21. doi:10.1016/j.biocontrol.2008.06.011
- Estay P., J. E. Araya y M. H. Araya. 2005. Toxicidad en laboratorio de imidacloprid, acetamiprid y abamectina sobre adultos de *Encarsia formosa* (Gahan) (Hymenoptera: Aphelinidae). Bol. S. E. A. 37: 369-371.
- Fiedler Z., D. Sosnowska. 2014. Side effects of fungicides and insecticides on predatory mites, in laboratory conditions. J. Plant Res. 4: 349-353.
- González-Maldonado, M. B., C. García-Gutiérrez. 2012. Uso de biorracionales para el control de plagas de hortalizas en el Norte de Sinaloa. Ra Ximhai 8: 31-45.

- González-Domínguez, S. G., M. T. Santillán-Galicia, V. González-Hernández, J. Suárez-Espinosa, H. González-Hernández. 2015. Variability in damage caused by the mite *Tetranychus urticae* (Trombidiformes: Tetranychidae) Koch on three varieties of strawberry. J Econ Entomol. 1008: 1371-1380. Doi: 10.1093/jee/tov084
- Han, J., B. R. Choi, S. G. Lee, S. I. Kim, Y. J., Ahn. 2010. Toxicity of plant essential oils to acaricide-susceptible and resistant *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) and *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae). J Econ Entomol. 103. 1293–1298. doi:10.1603/EC09222
- Harder, M. J., V.E. Tello, J. H. Giliomee. 2016. The acaricidal effect of ethanolic extracts of *Chenopodium quinoa* Willd. on *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). African Entomol. 24: 50-60.
- Hoffmann D. C., A. Fonseca, M. F. Cabezas, U. Silva, D. E. Nava. 2013. Efeitos do nim sobre *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) e os predadores *Phytoseiulus macropilis* (Banks) e *Neoseiulus californicus* (McGregor) (Acari: Phytoseiidae). Rev Bras Frutic. 35: 59-66.
- Howell, A., O. Daugovish. 2016. Biocontrol of spider mites in California strawberry production. International Journal of Fruit Science. 51: 169-177. doi: 10.1080/15538362.2016.1195316
- IRAC. 2011. Clasificación del modo de acción de insecticidas y acaricidas IRAC. Comité de Acción para la Resistencia a los Insecticidas, España. 18 p.
- IRAC. 2017. Arthropods Resistant to Pesticides Database: *Tetranychus urticae*. Michigan State University - Insecticide Resistance Action Committee (IRAC) - U. S.

- Department of Agriculture (USDA). Disponible en línea consultado el 19 de febrero de 2017.
- Kaplar, P., S. Yorulmaz, R. Ay. 2012. Toxicity of pesticides and acaricides to the predatory mite *Neoseiulus californicus* (MacGregor) (Acari: Phytoseiidae). *Int J Acarol.* 38: 699-705.
- Kostiaienen, T. S., M. A. Hoy. 1996. *The Phytoseiidae As Biological Control Agents of Pest Mites and Insects.* University of Florida, Gainesville, USA. 359 p.
- Lopez, L., H. A. Smith, M.A. Hoy, J. R. Bloomquist. 2015. Acute toxicity and sublethal effects of fenpyroximate to *Amblyseius swirskii* (Acari: Phytoseiidae). *J Econ Entomol.* 108: 1047–1053. doi:10.1093/jee/tov033
- Luna-Cruz, A., J. R. Lomeli-Flores, E. Rodríguez-Leyva, L. D. Ortega-Arenas y A. Huerta-de La Peña. 2011. Toxicidad de cuatro insecticidas sobre *Tamarixia triozae* (Burks) (Hymenoptera: Eulophidae) y su hospedero *Bactericera cockerelli* (Sulc)(Hemiptera: Triozidae). *Acta Zoo Mex.* 27: 509–526.
- Mansour, F., K. R. S. Ascher, N. Omari. 1987. Effects of neem (*Azadirachta indica*) seed kernel extracts from different solvents on the predacious mite *Phytoseiulus persimilis* and the phytophagous mite *Tetranychus cinnabarinus*. *Phytoparasitica.* 15: 125–130.
- Marcic, D., I. Medo. 2015. Sublethal effects of azadirachtin-A (NeemAzal-T/S) on *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). *Syst Appl Acarol.* 20: 25-38. doi:http://dx.doi.org/10.11158/saa.20.1.4.

- Monteiro, L.B., T. M. A. Kuhn, A. F. Mogor, E. D. B. da Silva. 2014. Biology of the two spotted spider mite on strawberry plants. *Neotrop Entomol.* 43: 183–188. doi:10.1007/s13744-013-0184-7
- Nauen, R., N. Stumpf, A. Elbert, C. Zebitz, W. Kraus. 2001. Acaricide toxicity and resistance in larvae of different strains of *Tetranychus urticae* and *Panonychus ulmi* (Acari: Tetranychidae). *Pest Mang Sci* 57: 253-261.
- Numa, S., L. Rodríguez, D. Rodríguez, E. Coy-Barrera. 2015. Susceptibility of *Tetranychus urticae* Koch to an ethanol extract of *Cnidioscolus aconitifolius* leaves under laboratory conditions. *Springer Plus* 4: 338.
- Ochoa, R., H. Aguilar, C. Vargas. 1991. Ácaros fitófagos de América Central: guía ilustrada. Serie Técnica. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Turrialba, Costa Rica. 261 p.
- Onstad, D. W., L. Knolhoff. 2014. Arthropod Resistance to Crops. In D. W. Onstad (Ed) *Insect Resistance Management* (296 - 298 p). Elsevier Ltd. USA.
- Poletti, M., A. H. N. Maia, C. Omoto. 2007. Toxicity of neonicotinoid insecticides to *Neoseiulus californicus* and *Phytoseiulus macropilis* (Acari: Phytoseiidae) and their impact on functional response to *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). *Biol Control.* 40: 30–36. doi:10.1016/j.biocontrol.2006.09.001
- Pozzebon, A., C. Duso. 2010. Pesticide side-effects on predatory mites: the role of trophic interactions, in: Sabelis, M.W., Bruin, J. (Eds.), *Trends in Acarology: Proceedings of the 12th International Congress*. Springer Netherlands, Dordrecht, pp. 465–469.
- Rahmani, H., M. Hoseini, A. Saboori, A. Walzer. 2016. Prey preference of the predatory mite *Neoseiulis californicus* (Mesostigmata: Phytoseiidae) when offered two major

- pest species, the two spotted spider mite and the onion thrips. *Int J Acarol.* 42: 319-323, doi: 10.1080/01647954.2016.1191540
- Reddy, G.V.M., N. Srinivasa, M. S. Muralidhara. 2014. Potentiality of *Cinnamomum* extracts to two spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch and its predator *Neoseiulus longispinosus* (Evans). *J Biopest.* 1: 11-14.
- Regnault-Roger, C., C. Vincent, J. T. Arnason. 2012. Essential oils in insect control: Low-risk products in a high-stakes world. *Annu Rev Entomol.* 57: 405–424. doi:10.1146/annurev-ento-120710-100554
- Riga, M., D. Tsakireli, A. Ilias, E. Morou, A. Myridakis, E. G. Stephanou, R. Nauen, W. Dermauw, T. Van Leeuwen, M. Paine, J. Vontas. 2014. Abamectin is metabolized by CYP392A16, a cytochrome P450 associated with high levels of acaricide resistance in *Tetranychus urticae*. *Insect Biochem Mol Biol.* 46: 43-53.
- Shahrma, M., M. Khalequzzaman. 2016. Toxicity bioassay of some oil vapour on various life stages of two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) under laboratory conditions. *J. Agric. Res.* 11: 97-104.
- Shipp, J.L., K. Wang, G. Ferguson. 2000. Residual toxicity of avermectin b1 and pyridaben to eight commercially produced beneficial arthropod species used for control of greenhouse pests. *Biol Control.* 17: 125–131. doi:10.1006/bcon.1999.0784.
- Tello-Mercado, V., S.J. Chung, R. Vargas-Mesina. 2014. Estudio preliminar del efecto acaricida de seis extractos metanólicos sobre la araña bimaclada, *Tetranychus urticae* Koch. *Idesia (Arica).* 32: 37–45.

- Tirello, P, A. Pozzebon, S. Cassanelli, T. Van Leeuwen, C. Duso. 2012. Resistance to acaricides in Italian strains of *Tetranychus urticae*: toxicological and enzymatic assays. *Exp Appl Acarol.* 57: 53–64.
- Zhang, Z. Q., J. P. Sanderson. 1990. Relative toxicity of abamectin to the predatory mite *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae) and twospotted spider mite (Acari: Tetranychidae). *J Econ Entomol.* 83: 1783–1790.