



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

PROGRAMA DE POSTGRADO EN FITOSANIDAD

ENTOMOLOGÍA Y ACAROLOGÍA

RESPUESTA A ABAMECTINA EN POBLACIONES DE *Tetranychus urticae* KOCH PROCEDENTE DE LA REGIÓN FLORÍCOLA DEL ESTADO DE MÉXICO.

KAREN VIANEY DÍAZ ARIAS

T E S I S
PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE :

MAESTRA EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO

2017

CARTA DE CONSENTIMIENTO DE USO DE LOS DERECHOS DE AUTOR Y DE LAS REGALIAS COMERCIALES DE PRODUCTOS DE INVESTIGACION

En adición al beneficio ético, moral y académico que he obtenido durante mis estudios en el Colegio de Postgraduados, el que suscribe Karen Vianey Díaz Arias, Alumno (a) de esta Institución, estoy de acuerdo en ser partícipe de las regalías económicas y/o académicas, de procedencia nacional e internacional, que se deriven del trabajo de investigación que realicé en esta institución, bajo la dirección del Profesor J. Concepción Rodríguez Maciel, por lo que otorgo los derechos de autor de mi tesis Respuesta a abaractina en poblaciones de Tetranychus uticae Koch procedente de la región florícola del Estado de México.

y de los producto de dicha investigación al Colegio de Postgraduados. Las patentes y secretos industriales que se puedan derivar serán registrados a nombre el colegio de Postgraduados y las regalías económicas que se deriven serán distribuidas entre la Institución, El Consejero o Director de Tesis y el que suscribe, de acuerdo a las negociaciones entre las tres partes, por ello me comprometo a no realizar ninguna acción que dañe el proceso de explotación comercial de dichos productos a favor de esta Institución.

Montecillo, Mpio. de Texcoco, Edo. de México, a 21 de Noviembre de 2017



Firma del
Alumno (a)



J. Concepción Rodríguez Maciel
Vo. Bo. del Consejero o Director de Tesis

La presente tesis titulada: Respuesta a abamectina en poblaciones de *Tetranychus urticae* Koch procedente de la región florícola del Estado de México, realizada por el (la) alumno (a): Karen Vianey Díaz Arias 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 (A) J. C. Ros
Dr. J. Concepción Rodríguez Maciel

ASESOR (A) ag
Dr. Ángel Lagunes Tejeda

ASESOR (A) Sotero Aguilar Medel
Dr. Sotero Aguilar Medel

Montecillo, Texcoco, Estado de México, 11/21/2017

RESPUESTA A ABAMECTINA EN POBLACIONES DE *Tetranychus urticae* KOCH PROCEDENTE DE LA REGIÓN FLORÍCOLA DEL ESTADO DE MÉXICO.

Karen Vianey Díaz Arias, M. en C.
Colegio de Postgraduados, 2017.

RESUMEN

El Estado de México es el principal productor de rosa para flor de corte, sus principales municipios productores son Villa Guerrero, Tenancingo, Coatepec Harinas e Ixtapan de la Sal, el ácaro *Tetranychus urticae* Koch es una de las principales plagas de este cultivo, los productores para el control de este acaro utilizan insecticidas sintéticos, el más utilizado y conocido es abamectina. A finales de los ochenta e inicios de los noventa se inició su uso siendo uno de los más efectivos para el control de este ácaro. La dosis que se utilizaba era de 30 a 50 ml en 200 L de agua; en el 2000 se incrementó la dosis a 60 a 70 ml y actualmente se utiliza de 80 a 120 ml. Los incrementos de la dosis se debieron a la disminución de efectividad biológica del producto. Por lo anterior, se realizaron pruebas de laboratorio para conocer la respuesta a abamectina de *T. urticae* en el cultivo de rosa en estos cuatro municipios, en comparación con una colonia susceptible. Los resultados indican que las poblaciones fueron que resistentes con valores de $CL_{50\%}$ que variaron de 3.40 ml.l^{-1} (Villa Guerrero) hasta 25.37 mg.l^{-1} (Ixtapan de la Sal), y las $CL_{95\%}$ de 185.48 mg.l^{-1} (Tenancingo) hasta $81,218 \text{ mg.l}^{-1}$ (Coatepec Harinas). Los Rangos de Resistencia (RR) de la $CL_{50\%}$ variaron de $2,266\times$ (Coatepec Harinas) hasta $21,141\times$ (Ixtapan de la Sal) y los $RR_{95\%}$ de la $CL_{95\%}$ variaron de $23,185\times$ hasta $10,152,250\times$ (Coatepec Harinas).

Palabras clave: Rosa, *Tetranychus urticae*, abamectina, resistencia.

**RESPONSE TO ABAMECTIN IN POPULATION OF *Tetranychus urticae* KOCH
FROM THE FLORIC REGION OF THE STATE OF MEXICO.**

Karen Vianey Diaz Arias, M. en C.
Colegio de Postgraduados, 2017.

ABSTRACT

The State of Mexico is the main producer of rose for cut flower, its main producing municipalities are Villa Guerrero, Tenancingo, Coatepec Harina and Ixtapan de la Sal, the mite *Tetranychus urticae* Koch is one of the main pests of this crop, The producers use synthetic insecticides against this species of mite, and the most widely used and known is abamectin, In the late eighties and early nineties began its use and was one of the most effective against this pest. The dose that was originally used ranged from 30 to 50 ml in 200 l of water, in 2000 the dose was increased to 60 to 70 ml and currently the growers use 80 to 120 ml. The increase in the dose was due to the decrease in the biological effectiveness of the product. Therefore, a laboratory test was carried out to determine the response to abamectin of *T. urticae* of the rose culture, in these four municipalities. The results indicated that lethal concentrations (CL) of 50 and 95% varied from 3.40 ml.l⁻¹ (Villa Guerrero) to 25.37 mg.l⁻¹ (Ixtapan de la Sal), and the CL_{95%} varied from 185.48 mg.l⁻¹ (Tenancingo) to 81.218 mg.l⁻¹ (Coatepec Harinas). The Resistance Ratio (RR) of the CL_{50%} ranged from 2,266 × (Coatepec Harinas) to 21,141 × (Ixtapan de la Sal) and the RR_{95%} of the CL_{95%} ranged from 23,185 × up to 10,152,250 × (Coatepec Harinas).

Key words: Rose, *Tetranychus urticae*, abamectin, resistance.

AGRADECIMIENTOS

Se le agrade a CONACYT y Colegio de Postgraduados Campus Montecillos por la beca y espacio otorgados para realizar esta investigación y darme la oportunidad de lograr el grado de Maestra en Ciencias.

A mi concejero Dr. J. Concepción Rodríguez Maciel, por el apoyo para la realización de esta investigación y paciencia para lograr terminar este trabajo.

A mi asesor Dr. Ángel Lagunes Tejeda, por el apoyo el apoyo brindado con esta investigación y el buen humor que siempre ha mostrado.

A mi asesor Dr. Sotero Aguilar Medel, por apoyarme en mi inquietud por realizar una maestría en el Colegio de Postgraduados y ayuda en esta investigación.

A mis ex compañeros de trabajo y amigos, Ing. José Emmanuel González Camacho y Ing. Antonio Pedroza Gómez por el apoyo con sus productores de rosa, bitácoras y todo el apoyo brindado a mi persona con la investigación.

A mi amigo Ing. Mario Gutiérrez Ramírez por el apoyo con su invernadero de rosa para colectas y la facilitación de su bitácora de cultivo.

A mi hermano Juan Carlos y primo Julio Cesar por el apoyo de sus cultivos de rosa y facilitación de bitácoras de sus cultivos.

A mis padres por apoyarme incondicionalmente con esta nueva meta que me propuse y siempre estar ahí cuando los necesitaba.

DEDICATORIAS

Principalmente este trabajo se lo dedico a mi madre María Arias Díaz Leal y mi Padre Juan Díaz García por siempre apoyarme y estar ahí cuando los necesitaba.

A mis hermanos Dayana Yunueth Díaz Arias y Juan Carlos Díaz Arias y sobrinos Juan Gamaliel, Maria Fernanda, Diego Zaid, Neylan Yunueth y Karla Isabel por dejarme pasar ratos agradables con ustedes y el apoyo brindado.

A mi mamá Andrea Arias Díaz y Julio Arias Díaz por el apoyo también brindado y a mis sobrinos Karina Alejandra, Alondra Itzel y Julio Cesar por la diversión y buenos ratos pasados con ustedes.

A una mujer ejemplar y mi inspiración por ser algo más, a mi abuela Paz Díaz Leal García por ser mi madre y compañera de vida, que aunque ya no está en este mundo, en vida me apoyo siempre en mis proyectos, nunca me abandono y en donde quiera que se encuentre le dedico este trabajo.

A mis amigos Moisés Buenrostro, Cecilia Vazquez, Liliana Sosa, Isis Marcial, Alberto Escobar, Víctor Sarabia y Filemón Morales que conocí en esta etapa de mi vida y que pase gratos momentos a su lado.

CONTENIDO

| | |
|--|-----|
| RESUMEN | iv |
| ABSTRACT | v |
| AGRADECIMIENTOS | vi |
| DEDICATORIAS | vii |
| LISTA DE CUADROS | ix |
| INTRODUCCIÓN GENERAL | 1 |
| 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 6 |
| 2. OBJETIVOS | 7 |
| 2.1 OBJETIVO GENERAL | 7 |
| 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 7 |
| 5. LITERATURA CITADA | 8 |
| CAPÍTULO I Susceptibilidad a abamectina en poblaciones de <i>Tetranychus urticae</i> Koch (Acari: Tetranychidae) en rosa de corte del Estado de México, México. Susceptibility to abamectin in Populations of <i>Tetranychus urticae</i> Koch (Acari: Tetranychidae) in Rose Cut Crop from the State of Mexico, Mexico | 12 |
| 1.1 Resumen..... | 12 |
| 1.2 Abstract..... | 13 |
| 1.3 Introducción..... | 13 |
| 1.4 Materiales y métodos | 15 |
| 1.5 Resultados y discusión..... | 18 |
| 1.6 Referencias citadas..... | 23 |
| CONCLUSIONES..... | 28 |

LISTA DE CUADROS

| | |
|---|----|
| Cuadro 1. Susceptibilidad a abamectina de poblaciones de <i>Tetranychus urticae</i> Koch recolectadas en el cultivo de rosa en el Estado de México..... | 22 |
|---|----|

INTRODUCCIÓN GENERAL

El Estado de México tiene, a nivel nacional la mayor producción de rosa para flor de corte, y sus municipios productores son: Villa Guerrero con 380 ha, Tenancingo con 170 ha, Malinalco con 40 ha. Coatepec Harinas con 33 ha, Donato Guerra con 15 ha, Zumpahuacán 8 ha, Valle de Bravo 4 ha, Ixtapan de la Sal 2 ha y Atizapán con 1 ha (SIAP, 2015). Este cultivo es atacado por *Tetranychus urticae*, una plaga polífaga y cosmopolita ya que se alimenta de más de 1,100 especies de plantas, en cultivos de invernadero puede ocasionar daños tanto en cultivos anuales como perenes, Los daños los ocasiona al alimentarse del tejido vegetal de las plantas causando amarillamiento y pérdida de área fotosintética de la planta. Esta especie de ácaro también produce telaraña misma que misma que es utilizada para la protección de depredadores, factores abióticos y acondicionar microclimas para favorecer su desarrollo. Esta plaga incrementa su densidad poblacional y acortan el ciclo de vida (8-12 días) cuando se presentan altas temperaturas (30-32 °C) y desarrolla rápida resistencia a acaricidas (2-4 años), en altas infestaciones puede causar la muerte de la planta (Grbić *et al.*, 2011, Meena *et al.*, 2013 y Capinera, 2008, Seki, 2016).

Para su control se emplean en esta región florícola acaricidas químicos y uno de los más utilizados es abamectina nombre común que se le asignó a las avermectinas desarrolladas para la agricultura, mismas que se descubrieron en 1976 en Japón por el Instituto de Kitasato, se deriva de una especie de hongo que se desarrolla en el suelo *Streptomyces avermitilis* y por fermentación de este se obtienen estas moléculas, que tienen efecto nematocida, acaricida e insecticida (Lasota and Dyvas, 1991;

Fisher and Mrozik, 1992). Los primeros nombres comerciales que aparecieron fueron AFFIRM, AVID, AGRIMEC, AGRI-MEK, VERTIMEC Y ZEFHYR. Este acaricida presenta fácil degradación que se puede dar por diferentes factores como presencia de luz ultravioleta, luz solar, agua o solventes orgánicos, por lo que tiene una vida media de 4 a 12 horas dependiendo de las condiciones que se encuentre. Tiene efecto translaminar (Lasota and Dyvas, 1991).

El uso y abuso de la abamectina no solo en ácaros como *T. urticae* si no en otras especies han ocasionado el desarrollo resistencia. Se tiene el reporte de 21 especies de insectos y ácaros con casos de resistencia. Las especies que presentan el mayor número de casos son: *Plutella xylostella* 71, *Tetranychs urticae* 46, *Spodoptera litura* 42, *Bractocera dorsalis* 22 y *Spodoptera exigua* 21. Como podemos observar *T. urticae* ocupa el segundo lugar con más casos reportados en resistencia (Arthropod Pesticide Resistance Database, 20170).

Se ha monitoreado y estudiado la respuesta de abamectina en *Tetranychus urticae*. Stavrinides and Hadjistylli (2009) realizaron un estudio en Chipre, con los acaricidas que se utilizan para el control de *T. urticae* en el cultivo de rosa. Los resultados mostraron baja efectividad de abamectina con 20.2% y 10.6% de mortalidad y detectaron resistencia cruzada a milbemectina, con porcentajes de mortalidad (50.3 y 4.6%). Indicaron que milbemectina no es comercializada en ese lugar (Stavrinides and Hadjistylli, 2010).

Villegas-Elizalde *et. al.*, (2010) determinaron la resistencia a acaricidas en *T. urticae* que ataca al cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duchesne), en el Valle de Zamora, Michoacán, México. Encontraron resistencia a abamectina con valores de 233.0 y 224.6× para RR₅₀ y RR₉₅, respectivamente. Una de las causas de esta resistencia la atribuyeron

a que el 70% de productores la utilizan como única opción para el control de esta especie de ácaro (Villegas-Elizalde *et al.*, 2010).

Khajehali *et al.* (2011) en los Países Bajos investigaron la resistencia a acaricidas que se utilizan para el control de *T. urticae* en el cultivo de rosal bajo invernadero. Los resultados obtenidos mostraron resistencia a abamectina, con resistencia cruzada a milmetina. (Khajehali *et al.*, 2011)

Tirello *et al.*, (2012) documentaron resistencia de *T. urticae* a abamectina en ácaros colectados en cultivo de rosa en Italia y encontraron un valor de RR_{50} de $1,294.15\times$ (Tirello *et al.*, 2012), mismos que consideraron reflejo de la resistencia en campo. En Grecia, Ilias *et al.*, (2012) evaluaron la respuesta a pirimifós metílico, bifentrina, piridaben, fenazaquin, óxido de fenbutatin, abamectina y spiroadiclofen en poblaciones de *T. urticae* procedentes de diferentes regiones y cultivos; encontraron que las poblaciones más resistentes fueron aquellas que se recolectaron en cultivos ornamentales [clavel (*Dianthus caryophyllus* L.) y rosa]. Estos investigadores estimaron un valor de RR_{50} de $443\times$ a abamectina (Ilias *et al.*, 2012)

Vassiliou *et al.*, 2013 en Chipre detectaron resistencia a abamectina en *T. urticae* en rosa de corte bajo invernadero y estimaron una RR_{50} de $3,822\times$ (Vassiliou *et al.*, 2013). Tang *et al.*, (2014) en China realizaron, con cuatro poblaciones de araña roja, bioensayos y encontraron resistencia a abamectina en huevo, larva y ninfa de *T. urticae*, con valores del RR_{50} muy altos; en huevo fueron 27 019, 30 970, 39 504 y 56 771 \times . Para larva los valores fueron 14 506, 33 923, 39 475, y 42 378 \times . En adulto los valores que registraron fueron 1 926, 2 255, 2 958 y 4 989 \times (Tang *et.al.* 2014).

Mohammadzadeth *et al.* 2014 compararon la susceptibilidad de dos poblaciones de *T. urticae* a abamectina y propargite. Evaluaron una población susceptible y otra resistente que afectaba el cultivo de rosa en invernadero. Observaron una RR_{50} de 20 285 \times , y la catalogaron como resistencia elevada. Los mecanismos metabólicos de resistencia observados fueron oxidasas, esterasas y glutatión alquil transferasas (Mohammadzadeth *et al.* 2014)

Monteiro *et al.*, 2015, estudiaron la resistencia a abamectina en poblaciones de araña roja que afectan el cultivo de uvas para exportación en Brasil; analizaron 22 poblaciones y encontraron que dos de ellas fueron altamente resistentes a abamectina con valores de RR_{50} de 2 406 y 8 272 \times (Monteiro *et al.* 2015).

Ferreira *et al.*, 2015 en Brasil recolectaron ácaros en diferentes cultivos agrícolas y encontraron resistencia a abamectina en *T. urticae* que afecta a rosa (RR_{50} =113 532 \times) y crisantemo (*Crysanthemum sp.*) (RR_{50} = 292 270 \times) (Ferreira *et al.*, 2015).

Jian-Long *et al.*, 2016 realizaron un estudio, en China, con *T. cinnabarinus* (Boiduval) y *T. urticae*, y determinaron susceptibilidad de las dos especies a varios acaricidas incluyendo abamectina. *T. urticae* fue la especie de ácaro que presentó resistencia a abamectina con CL_{90} de 2.66 $\mu\text{g i.a. mL}^{-1}$ en comparación de la otra especie que presentó CL_{90} de 0.47 $\mu\text{g i.a. mL}^{-1}$ (Jian-Long *et al.*, 2016)

T. urticae es una de las especies de ácaros con más casos documentados de resistencia en campo. Actualmente se consignan para esta especie 501 casos, de los cuales para abamectina son 46 detectados de 1998 a 2015 (Arthropod Pesticide Resistance Database, 2017).

Actualmente se han realizado estudios genéticos para la determinación de las mutaciones en el ADN responsables de la resistencia a acaricidas. Kwon *et al.*, 2010 realizaron un estudio para definir que fragmento de ADN relacionados con la resistencia a abamectina y la mutación detectada fue G323D. Riga *et al.* 2014 realizaron estudios genéticos para conocer los genes relacionados el metabolismo de abamectina y detectaron que en el citocromo P450 el gene CYP392A16 era el responsable de metabolizar la abamectina en *T. urticae* cuando presentaba una alta resistencia (Riga *et al.*, 2014). Sato *et al.*, 2005 recomienda dejar de utilizar este acaricida por lo menos seis meses para que baje los niveles de resistencia (Sato *et al.*, 2005).

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La región florícola del suroeste del Estado de México que está conformada por los municipios de Villa Guerrero, Tenancingo, Zumpahuacan, Coatepec Harinas e Ixtapan de la sal. Esta región florícola tiene la producción nacional más importante de rosa de corte y uno de los problemas fitosanitarios más importantes de este cultivo es *Tetranychus urticae*.

En esta zona florícola el principal método de combate de la araña roja depende casi exclusivamente del uso de acaricidas, lo que se ha traducido en presiones de selección altas por más de dos décadas (Aguilar-Medel *et al.*, 2011).

El acaricida más utilizado en la región florícola es abamectina en sus diferentes nombres comerciales, este acaricida se empezó a utilizar a finales de los ochenta e inicios de los noventa con dosis muy bajas de 30-50 ml en 200 L de agua, en 1994 se utilizó solo a 50ml en los 2000 se incrementó a 60 ml actualmente se está utilizando de 80 hasta 120 ml en 200 L de agua. Claramente se ha visto el incremento de las dosis de este producto por su baja eficacia observada en campo. Por lo anterior es necesario conocer la respuesta actual de *T. urticae* a la abamectina.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Conocer la respuesta de *Tetranychus urticae* Koch en el cultivo de rosa para flor de corte a abamectina en condiciones de laboratorio

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Determinar la respuesta a abamectina en *Tetranychus urticae* en poblaciones del área florícola de Villa Guerrero, Tenancingo, Coatepec Harinas e Ixtapan de la Sal, Estado de México.

3. HIPOTESIS

Las poblaciones de *Tetranychus urticae* Koch procedentes de los municipios de Villa Guerrero, Tenancingo, Coatepec Harinas e Ixtapan de la sal presentan resistencia a abamectina.

5. LITERATURA CITADA

- Aguilar-Medel S., Díaz-Gomez O., Rodríguez-Maciel J. C., González-Camacho J. E., García-Velasco R., Martínez-Carrillo, y Reséndiz-García B. 2011. Resistencia de *Tetranychus urticae* Koch a acaricidas usados en la producción de rosal de invernadero en México. *Southwestern Entomologist*. Vol 36. No. 3, 363-371pp.
- Arthropod Pesticide Resistance Database, 2017. IRAC Michigan State University. <https://www.pesticideresistance.org/display.php?page=rrc&aid=1&arId=536> revisado 19 de Julio 2017.
- Capinera J. L. 2008. Twospotted Spider Mite, *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) In. *Encyclopedia of Entomology*, Ed. Capinera J. L., Edit. Springer 2nd Edition. 3998-4000 pp.
- Ferreira C. B. S., Andrade F. H.N., Rodrigues A. R. S., Siqueira H. A. A. and Gondim Jr. Manoel G.C., 2015, Resistance in field population of *Tetranychus urticae* to acaricides and characterization of the inheritance of abamectin resistance. *Crop Protection* 67, 77-83 p.
- Fisher M. H. and Mrozik H., 1992. The chemistry and pharmacology of avermectins. *Annu. Rev. Pharmacol. Toxicol.* No. 32. 537-553 pp.
- Grbić M., Van L. T., Clark R. M., Rombauts S., Rouzé P., Grbić V., Osborne E. J., Dermauw W., Cao T. N. P., Ortego F., Hernandez-Crespo P., Diaz I., Martinez M., Navajas M., Sucena E., Magalhaes S., Nagy L., Pace R. M., Djuranović S., Smagghe G., Iga M., Christiaens O., Veenstra J. A., Ewer J., Mancilla V. R., Hutter J. L., Hudson S. D., Velez M., Yi S. V., Zeng J., Pieres-daSilva A., Roch F., Cazaux M., Navarro M., Zhurov Z., Acevedo G., Bjelica A., Fawcett J. A., Bonnet E.,

- Demeestere K., Henz S. R., Gregory T. R., Mathieu J., Verdon L., Farinelli L., Schmutz J., Lindquit E., Feyereisen R. and Can P. Y., 2011. The genome of *Tetranychus urtica* reveals herbivorous pest adaptations. *Nature*. Macmillan Publisher Limited. Vol. 479, 487-492 pp.
- Ilias A., Roditakis E., Grispou M., Nauen R., Vontas J. and Tsagkarakou A., 2012. Efficacy of ketoenols on insecticide resistant field populations of two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* and sweet potato whitefly *Bemisia tabaci* from Greece. *Crop Protection*, Vol. 42, 305-311pp.
- Jian-Long B., Zi-Mian N., Lu Y. and Toscano N. C., 2016. Resistance status of the carmine spider mite, *Tetranychus cinnabarinus* and the twospotted spider mite, *Tetranychus urticae* to selected acaricides on strawberries. *Insect Science* No. 23, 88-93 pp.
- Khajehali J., Van Nieuwenhuysse P., Demaeght P., Tirry L and Van Leeuwen T., 2011. Acaricide resistance and resistance mechanism in *tetranychus urticae* populations from rose greenhouses in the Netherlands. *Pest Manag Sci*. No. 67 1424-1433 pp.
- Lasota J. A. and Dybas R. A., 1991. Avermectins, a novel class of compounds: Implications for use in arthropod pest control. *Annu. Rev. Entomol.* No. 36 91-117 pp.
- Meena N. K., Rampal, Barman D. and Medhi R. P., 2013. Biology and seasonal abundance of two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae*, on orchids and rose. *Phytoparasitica*, 41: 597-609 p.
- Mohammadzadeth M., Bandani A. R. and Sabahi Q., 2014. Comparison of susceptibility of two populations of *Tetranychus urticae* Koch to two acaricides, abamectin and

- propargite. Archives of Phytopathology and Plant Protection. Vol. 47, No. 17, 2112-2123 pp.
- Monteiro V. B., Gondim Jr M. G.C., Oliveira J. E. de M., Siqueira H. A. A. and Sousa J. M., 2014. Monitoring *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) resistance to abamectin in vineyards in the Lower Middle Sao Francisco Valley. Crop Protection. Vol 69, 90-96pp.
- Riga M., Tsakireli D., Ilias A., Morou E., Myridakis A., Stephanou E. G., Nauen R., Dermauw W., Van Leeuwen T., Paine M., Vontas J., 2014. Abamectin is metabolized by CYP392A16, a cytochrome P450 associated with high levels of acaricide resistance in *Tetranychus urticae*. Insect Biochemistry and Molecular Biology No. 46 43-53 pp.
- Seki K., 2015. Leaf-morphology-assisted selection for resistance to two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* Koch (Acari:Tetranychidae) in carnations (*Dianthus caryophyllus* L), Pest Manag Sci. 8 pp.
- SIAP, 2015. Producción Anual Agrícola, Ciclos y Perenes 2015, Riego + Temporal, Rosa (gruesa), SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera), http://infosiap.siap.gob.mx/agricola_siap_gb/icultivo).
- Stavrínides M. C. and Hadjístylli M., 2009. Two-spotted spider mite in Cyprus: ineffective acaricides, causes and considerations. J. Pest Sci No. 82 123-128 pp.
- Tirello P., Pozzebon A., Cassanelli S., Van Leewen T. and Duso C., 2012. Resistance to acaricides in Italian strains of *Tetranychus urticae*: toxicological and enzymatic assays. Exp Appl Acarol. 57: 53-64 pp.

Vassiliou V. A and Kitsis P. 2013. Acaricide Resistance in *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) Population From Cyprus. Insecticide Resistance and Resistance Management. Entomological Society of America 0022-0493, 13 1848-1854 pp.

Villegas-Elizalde S. E., Rodríguez-Maciel J. C., Anaya-Rosales S., Sánchez-Arroyo H., Hernández-Morales J. y Bujanos-Muñiz R., 2010. Resistencia a acaricidas en *Tetranychus urticae* (Koch) asociada al cultivo de fresa en Zamora, Michoacán, México. Agrociencia, Vol. 44, No. 1. 75-81 pp.

CAPÍTULO I Susceptibilidad a abamectina en poblaciones de *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) en rosa de corte del Estado de México, México.

Susceptibility to abamectin in Populations of *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) in Rose Cut Crop from the State of Mexico, Mexico

1.1 Resumen

La araña roja, *Tetranychus urticae* Koch, es una plaga primaria del cultivo de rosa de corte (*Rosa x hybrida*) y otras ornamentales en el Estado de México, México y la estrategia de control es el uso casi exclusivo de acaricidas químicos.

Productores de los municipios de Villa Guerrero, Tenancingo, Coatepec Harinas e Ixtapan de la Sal en el Estado de México, reportan baja efectividad de abamectina en el control de *T. urticae* lo cual posiblemente se deba al desarrollo de resistencia. El objetivo de esta investigación fue determinar la respuesta, a este acaricida, en hembras de cuatro poblaciones de campo y una susceptible. Los valores de la concentración letal (CL) al 50% de mortalidad fluctuaron de 0.0012 (Susceptible) a 25.37x (Ixtapan de la Sal) mg.l⁻¹, mientras que la respuesta relativa (RR₅₀) de las poblaciones de campo varió de 2 226x (Coatepec Harinas) a 21 141x (Ixtapan de la Sal). Los valores de la CL al 95% de mortalidad variaron de 0.008 (Susceptible) a 81 218 mg.l⁻¹ (Coatepec Harinas), mientras que la RR al 95% de mortalidad varió de 23 185x (Tenancingo) a 10 152 250x (Coatepec Harinas). Estos resultados demuestran un alto nivel de resistencia a abamectina, por lo que se recomienda la implementación de otras alternativas de manejo de *T. urticae*.

Palabras clave: resistencia, ornamentales, lactona macrocíclica, acaricida.

1.2 Abstract.

The twospotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch, is a primary pest of the rose cut crop (*Rosa x hybrida*) and other ornamental species in the State of Mexico, Mexico and the control strategies consists in the almost exclusive use of acaricides. Growers from the municipalities of Villa Guerrero, Tenancingo, Coatepec Harinas and Ixtapan de la Sal of the State of Mexico, report low field effectiveness of abamectin in the control of *T. urticae* and possibly due to the development of resistance. The objective of this research was to determine the response, to this acaricide, in females in four field-collected populations and one susceptible. The values of the lethal concentration (LC) at 50% mortality ranged from 0.0012 (Susceptible) to 25.37 mg.l⁻¹ (Ixtapan de la Sal), while the relative response (RR50) in field populations ranged from 2 226 × (Coatepec Harinas) to 21 141× (Ixtapan de la Sal). Values for LC at 95% mortality ranged from 0.008 (Susceptible) to 81 218 mg.l⁻¹ (Coatepec Harinas), while RR at 95% mortality varied from 23185× (Tenancingo) to 10 152 250× (Coatepec Harinas). These results demonstrate a high level of resistance to abamectin, so it is necessary the implementation of other alternatives of *T. urticae* management.

Key words: resistance, ornamentals, marocyclic lactone, acaricide.

1.3 Introducción

En México, durante 2015 la superficie sembrada de rosa de corte, *Rosa x hybrida*, fue más de 1300 ha, con un valor de la producción superior a los mil quinientos millones

de pesos, donde figura el Estado de México como el mayor productor, con más del 50% de la superficie dedicada a este cultivo (SIAP, 2017).

Una de las plagas más importantes que afecta a la rosa de corte es la araña roja, *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae), la cual ataca a más de mil especies de plantas en el mundo y se considera un problema muy complejo de manejar (Grbić *et al.* 2011, Meena *et al.* 2013). *T. urticae* ocasiona daños al alimentarse del contenido celular reduciendo la concentración de clorofila y la capacidad de la planta para realizar fotosíntesis. El daño se manifiesta causando amarillamiento y/o bronceado de las hojas, posteriormente produce la caída de hojas y a densidades altas puede producir la muerte de la planta (Badii *et al.* 2010, Seki, 2016).

El método de control que más se utiliza para contra esta plaga consiste en el uso de acaricidas tanto naturales como sintéticos (Van Leewen *et al.* 2010, Ilias *et al.* 2017). Sin embargo, debido a su ciclo de vida corto y progenie abundante, en combinación con otros factores (Georghiou 1994) le han permitido desarrollar resistencia a la mayoría de los compuestos utilizados en su control, tales como organofosforados, piretroides, inhibidores del transporte de electrones en el complejo I, II y III, moduladores alostéricos de canal de cloruro activados por glutamato, entre otros (Van Pottelberge *et al.* 2009, Ay y Yorulmaz 2010, Ay y Kara 2011, Khalighi *et al.* 2014, Kwon *et al.* 2015, Ilias *et al.* 2017, Pavlidi *et al.* 2017); catalogándose como una de las especies de artrópodos con más reportes de resistencia a nivel mundial (Whalon *et al.* 2012).

La abamectina es un acaricida que actúa activando de manera alostérica los canales de cloro dependientes de glutamato y se encuentra en el grupo 6 de la clasificación de insecticidas propuesta por el Comité de Acción para la Resistencia a

Insecticidas (IRAC 2017). Este compuesto se ha usado para el control de araña roja en todo el mundo, lo cual se correlaciona directamente con la cantidad de reportes de resistencia (Whalon *et al.* 2012), y México no ha sido la excepción (Villegas-Elizalde *et al.* 2010, Aguilar-Medel *et al.* 2011; Robles-Bermúdez *et al.* 2012).

Desde hace varias décadas, en la zona de producción de rosa del Estado de México, uno de los ingredientes activos que más se utiliza para el combate de *T. urticae* es la abamectina, la cual se introdujo al mercado a principios de la década de los noventas. Inicialmente la efectividad biológica de este acaricida en el control de araña roja era alta, debido a ello su uso era frecuente. A través del tiempo se ha observado una reducción de su efectividad, así como una mayor cantidad de reportes por parte de productores en fallas de control con aplicaciones en campo e invernadero. Los roscultores, para re-establecer el nivel de control aceptable, han recurrido al incremento de la dosis autorizada. Lo que sugiere que exista desarrollo de resistencia a este acaricida (Aguilar-Medel *et al.* 2011). Por tanto, el objetivo de este estudio fue determinar, en condiciones de laboratorio, la susceptibilidad a abamectina en poblaciones de *T. urticae* provenientes de la región florícola del Estado de México.

1.4 Materiales y métodos

Poblaciones. Las recolectas de *T. urticae* se realizaron, entre abril y mayo de 2017, en invernaderos comerciales de rosa de corte, donde se tenía registro del uso de abamectina, correspondiendo a los municipios de Villa Guerrero, Tenancingo, Coatepec Harinas e Ixtapan de la Sal todos en el Estado de México. De cada municipio se eligieron cuatro invernaderos, y de cada uno de ellos se recolectaron al menos 100 folíolos

infestados con araña roja que se depositaron en bolsas de papel estraza N°8. Posteriormente, se trasladaron al laboratorio Toxicología del Posgrado de Entomología y Acarología del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Los ejemplares de los sitios de colecta de cada municipio, se mezclaron y se transfirieron a plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L., variedad flor de mayo) de 35 a 40 días de edad y se colocaron en jaulas entomológicas (70 x 70 x 50 cm). Como población susceptible se utilizó una colonia de *T. urticae* recolectada de plantas ornamentales libres de la exposición a acaricidas por tres años colectada en los jardines del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, municipio de Texcoco, México.

Con la finalidad de obtener ácaros de la misma edad para los bioensayos, ocho plantas de frijol de 35 a 40 días de edad se introdujeron a las jaulas y se infestaron con los individuos provenientes de las recolectas de cada municipio (F₀), para que ovipositaran por un periodo de 24 horas. Posteriormente, dichos individuos se removieron con un pincel N°1 humedo y dichas plantas se colocaron de manera individual en jaulas entomológicas. La cría se realizó en condiciones de invernadero a una temperatura de 27°C ± 5 y humedad relativa de 60 ± 10%.

Acaricida. Los bioensayos se realizaron con la formulación comercial Biomec[®] (abamectina, 18 g de i.a. l⁻¹, concentrado emulsionable, Grupo Bioquímico Mexicano S.A de C.V.). La preparación de las concentraciones requeridas se realizó con agua destilada que contenía 0.25 ml.l⁻¹ de coadyuvante (Inex-A[®], Cosmocel S.A., División Agrícola, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México).

Bioensayo. Se utilizó el bioensayo de inmersión de hoja para adultos de *Tetranychus* spp. propuesto por el Comité de Acción de la Resistencia a Insecticidas (IRAC) con ligeras modificaciones (IRAC 2009). Se cortaron hojas del estrato medio de plantas de *P. vulgaris* var. Flor de mayo de 35 a 40 días de edad, con un sacabocados de 40 mm de diámetro se cortaron discos y se colocaron con el haz hacia abajo en una caja Petri que contenía 3 mL de una solución agar-agua (Bacto™ Agar, Becton, Dickinson and Company) al 2%. Con la ayuda de un pincel N°1 se transfirieron a cada disco foliar 20 a 25 hembras adultas de 3 a 5 días de edad. Para evitar mortalidad asociada a la manipulación, se eligieron hembras que estuvieran en movimiento y no aquellas que se encontraban alimentándose. Aproximadamente 30 minutos después de la transferencia, se constató que los ácaros no presentaran algún daño, y en caso de ser así se extrajeron los individuos afectados. Posteriormente, el disco de hoja infestado se sumergió en la concentración respectiva del acaricida durante 2 s. Luego, los discos foliares se agitaron suavemente por 20 s para eliminar el exceso de humedad. Estos tiempos de inmersión y agitación resultaron de pruebas preliminares donde se observó que no había efectos adversos en los individuos tratados. A continuación, los discos de hoja se colocaron con el haz hacia abajo en las cajas de Petri. Inicialmente, se determinó el rango de concentraciones que producen de 0 a 100% de mortalidad (ventana de respuesta biológica) y posteriormente, se incluyeron al menos seis concentraciones intermedias que cubrieran dicho rango. Los ácaros tratados se mantuvieron en condiciones controladas de $25 \pm 2^\circ\text{C}$ de temperatura, $55 \pm 5 \%$ de humedad relativa y fotoperiodo de 16:8 h luz: oscuridad en una cámara bioclimática. A las 48 h de exposición se determinó el porcentaje de mortalidad considerando como muerta aquella hembra que

no reaccionaba al estímulo de un toque de pincel o no se desplazaba más del doble de la distancia de su longitud (Sato *et al.* 2005). En total se realizaron al menos cuatro repeticiones en diferentes días para cada población, y cada repetición incluyó un testigo cuyo disco de hoja se sumergió en agua destilada con 0.25ml.l^{-1} de coadyuvante, con el mismo procedimiento indicado anteriormente. El máximo nivel de mortalidad aceptado para el testigo sin acaricida fue de 15%, y se corrigió mediante la fórmula de Abbott (Abbott 1925).

Análisis estadístico. Los datos de mortalidad se sometieron a un análisis Probit con el procedimiento PROC PROBIT con el paquete estadístico Statical Analysis System (SAS Institute 2016), para estimar pendiente, concentración letal (CL) a un nivel del 50 y 95% de mortalidad, límites de confianza al 95%. Los valores de respuesta relativa (RR) a los niveles de 50 y 95% de mortalidad, se obtuvieron con el cociente entre la CL_{50}/CL_{95} de cada población de campo y entre la CL_{50}/CL_{95} de la población susceptible, respectivamente. Se consideró que la respuesta de las poblaciones no eran estadísticamente diferentes cuando los límites de confianza se traslapaban (Robertson y Preisler 1992).

1.5 Resultados y discusión

El valor de la CL_{50} para la población susceptible fue de 0.0012 mg.l^{-1} , mientras que la CL_{95} fue de 0.008 mg.l^{-1} . Se obtuvo diferencia estadísticamente significativa en la susceptibilidad de las poblaciones de campo evaluadas, respecto a la población susceptible dado que los límites de confianza no se traslaparon tanto a nivel de CL_{50} como de CL_{95} (Cuadro 1).

Los valores de la CL₅₀ de las poblaciones de campo, fluctuaron entre 2.72 (Coatepec Harinas) y 25.37 mg.l⁻¹ (Ixtapan de la Sal), y los valores de RR₅₀ estuvieron entre 2 226x y 21 141x (Cuadro 1). Para la CL₉₅ los valores oscilaron entre 185.4 (Tenancingo) y 81 218 mg.l⁻¹ (Coatepec Harinas) con valores de RR₉₅ entre 23 185x y 10 152 250x (Cuadro 1). Estos resultados indican que existen altos niveles de resistencia de *T. urticae* a abamectina en las poblaciones de campo recolectadas en la región florícola que comprende los municipios de Villa Guerrero, Tenancingo, Coatepec Harinas e Ixtapan de la Sal en el Estado de México, confirmándose que las fallas de control documentadas por productores en esta región se debe a la resistencia desarrollada por araña roja a abamectina en condiciones de invernadero y no a otros motivos como fallas operacionales (dosis incorrecta, insecticida caducado o boquilla obstruida entre otros) .

El alto potencial biótico de *T. urticae* que se expresa en su corto ciclo de vida y abundante progenie, en combinación con factores como la alta intensidad en el uso de acaricidas y una baja migración en invernaderos (Croft and Van de Baan 1988, Van Leeuwen *et al.* 2010) contribuyen a que el problema sea más severo en este tipo de sistemas de producción (Ferreira *et al.* 2015).

Estudios realizados en México por Aguilar-Medel *et al.* (2011), ya han documentado la respuesta de poblaciones de araña roja a abamectina en esta región, con valores de RR₉₅ entre 1 442x (Tenancingo) y 2 143x (Villa Guerrero). Aunque los métodos de bioensayo presentan ligeras modificaciones, los resultados de la presente investigación mostraron valores de RR₉₅ entre 23 185x (Tenancingo) a 61 373x (Villa Guerrero), lo que sugiere que el problema se ha acentuado debido posiblemente al aumento de dosis, disminución de intervalos de aplicación y escasa rotación de

acaricidas con diferente modo de acción. Sin embargo, aunque existe evidencia de que los bioensayos que se realizan en laboratorio pueden sobredimensionar las diferencias entre poblaciones de campo y susceptibles (French-Constant y Roush 1990), no obstante los reportes de fallas de control por parte de productores, crean la necesidad de modificar las prácticas de manejo actuales mediante la implementación de programas de manejo integrado de *T. urticae*.

Entre las recomendaciones para minimizar el nivel de resistencia, se propone la exclusión de abamectina de los programas de manejo de *T. urticae*, en los sitios en donde se han observado fallas en el control. Además, utilizar acaricidas convencionales con modo de acción diferente (Georghiou 1994, IRAC 2017), y productos bioracionales que hayan demostrado eficacia biológica aceptable, (Silva-Flores *et al.* 2005, Attia *et al.* 2013); así como otros factores importantes del manejo de plagas como es el empleo de enemigos naturales (Nicetic *et al.* 2001).

La resistencia a abamectina es inestable en ausencia de presión de selección (Sato *et al.* 2005), por lo que si se excluye el uso de este compuesto activo, por un determinado tiempo es posible que dicha resistencia baje a niveles no detectables (Dennehy *et al.* 1990) y la abamectina pueda utilizarse nuevamente en el manejo de araña roja. Sin embargo, estas acciones deben estar soportadas en estudios que justifiquen la pertinencia de volver a utilizar este acaricida y las condiciones de restricción de uso que mitiguen la evolución de la resistencia (Kwon *et al.* 2010).

Los resultados permiten concluir que las poblaciones de *T. urticae* recolectadas en los municipios de Villa Guerrero, Tenancingo, Coatepec Harinas e Ixtapan de la Sal

en el Estado de México presentan elevados niveles de resistencia a abamectina lo cual crea la necesidad urgente de implementar programas de manejo integrado de esta plaga.

Agradecimiento

Karen Vianey Díaz-Arias agradece Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por la beca otorgada para la realización de este proyecto de investigación.

Cuadro 1. Susceptibilidad a abamectina de poblaciones de *Tetranychus urticae* Koch recolectadas en el cultivo de rosa en el Estado de México.

Table 1. Susceptibility to abamectin of populations of *Tetranychus urticae* Koch collected in rose greenhouse cultivation in the State of Mexico, Mexico.

| Población | N ^a | b ± EE ^s | CL ₅₀ ^w (LC 95%) ^f | RR ₅₀ | CL ₉₅ ^w (LC 95%) ^f | RR ₉₅ | χ ² (GL) |
|-------------------|----------------|---------------------|--|------------------|--|------------------|---------------------|
| Susceptible | 747 | 2.00 ± 0.34 | 0.0012 (0.0008 – 0.0020) | --- | 0.008 (0.003 – 0.0404) | --- | 36.8 (6) |
| Villa Guerrero | 970 | 1.01 ± 0.17 | 3.40 (1.75 – 18.89) | 2833 | 490.99 (56.37 – 4087153) | 61373 | 15.6 (4) |
| Tenancingo | 1371 | 0.78 ± 0.17 | 6.45 (4.02 – 11.46) | 5375 | 185.48 (67.36 – 1227) | 23185 | 22.2 (5) |
| Coatepec Harinas | 894 | 0.36 ± 0.05 | 2.72 (0.54 – 18.68) | 2266 | 81218 (2579 – 173052588) | 10152250 | 20.4 (5) |
| Ixtapan de la Sal | 967 | 0.58 ± 0.12 | 25.37 (7.37 – 375.84) | 21141 | 16349 (766 – 648970731) | 2043625 | 32.12 (5) |

^a = Número de ácaros tratados; b = valor de la pendiente; ^s = Error estándar de la pendiente; ^w = Concentración letal = mg l⁻¹; ^f = Límites de confianza al 95%; RR= Respuesta relativa (CL₅₀ o CL₉₅ de cada población de campo entre la CL₅₀ o CL₉₅ de la población susceptible); GL= Grados de libertad.

^a = number of treated mites; b = slope value; ^s = Standard error of slope; ^w = Lethal Concentration = mg/L; ^f = Confidence limits at 95%; RR= Relative response (LC50 or LC95 of each field population/ LC50 or LC95 of susceptible population); GL= degrees of freedom.

1.6 Referencias citadas

- Abbott, W. S. 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. *J. Econ. Entomol.* 18: 267-267.
- Aguilar-Medel, S., Díaz-Gómez O., J.C. Rodríguez-Maciel, J.E., González-Camacho, R. García-Velasco, J.L Martínez-Carrillo, y B. Reséndiz-García. 2011. Resistencia de *Tetranychus urticae* Koch a acaricidas usados en la producción de rosal de invernadero en México. *Southwest. Entomol.* 36: 363-371.
- Attia, S., K.L. Grissa, G. Lognay, E. Bitume, T. Hance, and 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. *J. Pest Sci.* 86: 361-386.
- Ay, R., and F. E. Kara E. K. 2011. Toxicity, inheritance of fenpyroximate resistance, and detoxification-enzyme levels in a laboratory-selected fenpyroximate-resistant strain of *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). *Crop Prot.* 30: 605-610.
- Ay, R., and S. Yorulmaz. 2010. Inheritance and detoxification enzyme levels in *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) strain selected with chlorpyrifos. *J. Pest Sci.* 83: 85-93.
- Badii, M. H., J. Landeros, y E. Cerna. 2010. Regulación poblacional de ácaros plaga de impacto agrícola. *Daena: International Journal of Good Conscience.* 5: 270-302.
- Croft, B. A., and H. E. Van de Baan. 1988. Ecological and genetic factors influencing evolution of pesticide resistance in tetranychid and phytoseiid mites. *Exp. Appl. Acarol.* 4: 277-300.

- Dennehy, T. J., J. P. Nyrop, and T. E. Martinson. 1990. Characterization and exploitation of instability of spider mite resistance to acaricides, pp. 77-91. *In* M. B. Green, H. M. LeBaron, and W. K. Moberg [Eds.] *Managing Resistance to Agrochemicals*. ACS Symposium Series. American Chemical Society. Washington, DC.
- Ferreira, C. B. S., F. H. N. Andrade, A. R. S. Rodrigues, H. A. A. Siqueira, and M. G. C. Gondim Jr. 2015, Resistance in field population of *Tetranychus urticae* to acaricides and characterization of the inheritance of abamectin resistance. *Crop Prot.* 67: 77-83.
- French-Constant, R. H. and R. T. Roush. 1990. Resistance detection and documentation: the relative roles of pesticidal and biochemical assays, pp. 4–38. *In* R. T. Roush and B. E. Tabashnik [Eds.]. *Pesticide Resistance in Arthropods*. Chapman & Hall, New York, USA.
- Georghiou, G. P. 1994. Principles of insecticide resistance management. *Phytoprotection* 75: 51-59.
- Grbić, M., T. Van Leeuwen, R. M. Clark, S. Rombauts, P. Rouzé, V. Grbić, E. J. Osborne, W. Dermauw, P. C. T. Ngoc, F. Ortego, P. Hernández-Crespo, I. Diaz, M. Martinez, M. Navajas, E. Sucena, S. Magalhães, L. Nagy, R. M. Pace, S. Djuranović, G. Smagghe, M. Iga, O. Christiaens, J. A. Veenstra, J. Ewer, R. Mancilla Villalobos, J. L. Hutter, S. D. Hudson, M. Velez, S. V. Yi, J. Zeng, A. Pieres-daSilva, F. Roch, M. Cazaux, M. Navarro, V. Zhurov, G. Acevedo, A. Bjelica, J. A. Fawcett, E. Bonnet, C. Martens, G. Baele, L. Wissler, A. Sanchez-Rodriguez, L. Tirry, C. Blais, K. Demeestere, S. R. Henz, T. R. Gregory, J. Mathieu, L. Verdon, L. Farinelli, J.

- Schmutz, E. Lindquist, R. Feyereisen, and Y. Van de Peer. 2011. The genome of *Tetranychus urticae* reveals herbivorous pest adaptations. *Nature*. 479: 487-492.
- Insecticide Resistance Action Committee (IRAC). 2009. Susceptibility Test Methods Series: Method “*Tetranychus* spp.”. http://www.irc-online.org/content/uploads/Method_004_v3_june09.pdf (consultado en abril 1, 2017)
- Insecticide Resistance Action Committee (IRAC). 2017. Mode of action classification scheme, v 8.2, March 2017. <http://www.irc-online.org/documents/moa-classification/?ext=pdf> (consultado en septiembre 9, 2017)
- Ilias, A., V. A. Vassiliou, J. Vontas, and A. Tsagkarakou. 2017. Molecular diagnostic for detecting pyrethroid and abamectin resistance mutation in *Tetranychus urticae*. *Pestic Biochem Physiol*. 135: 9-14.
- Khalighi, M., L. Tirry, and T. Van Leeuwen T. 2014. Cross-resistance risk of the novel complex II inhibitors cyenopyrafen and cyflumetofen in resistant strains of the two-spotted spider mite *Tetranychus urticae*. *Pest Manag Sci*. 70: 365-368.
- Kwon, D. H., G. M. Seong, T. J. Kang, and S. H. Lee. 2010. Multiple resistance mechanisms to abamectin in the two-spotted spider mite. *J. Asia Pac. Entomol*. 13: 229-232.
- Kwon, D. H., J. M. Clark, and S. H. Lee. 2015. Toxicodynamic mechanism and monitoring of acaricide resistance in the two-spotted spider mite. *Pestic Biochem Physiol*. 121: 97-101.

- Meena, N. K., Rampal, D. Barman, and R. P. Medhi. 2013. Biology and seasonal abundance of two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae*, on orchids and rose. *Phytoparasitica* 41: 597-609.
- Nicetic, O., D. M. Watson, G. A. C. Beattie, A. Meats, and J. Zheng. 2001. Integrated pest management of two-spotted mite *Tetranychus urticae* on greenhouse roses using petroleum spray oil and the predatory mite *Phytoseiulus persimilis*. *Exp. Appl. Acarol.* 25: 37-53.
- Pavlidis, N., M. Khalighi., A. Myridakis, W. Dermauw, N. Wybouw, D. Tsakireli, E. G. Stephanou, N. E. Labrou, J. Vontas, and T. Van Leeuwen, 2017. A glutathione-S-transferase (TuGSTd05) associated with acaricide resistance in *Tetranychus urticae* directly metabolizes the complex II inhibitor cyflumetofen. *Insect Biochem. Mol. Biol.* 80: 101-115.
- Robertson JL, and H.K. Preisler. 1992. Pesticide bioassays with arthropods. CRC, Boca Raton.
- Robles-Bermúdez, A., G. F. Robles-Bermúdez, J C. Rodríguez-Maciel, C. Santillán-Ortega, A. Lagunes-Tejeda, R. J. Flores-Canales, y J. O. Cambero-Campos. 2012. Resistencia de cuatro poblaciones del acaro (*Tetranychus urticae* Koch.) a propargite en rosa de corte (*Rosa* x híbrida) en el Estado de México, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. Vol. 3, No. 4. 785-795.
- SAS Institute. 2016. SAS User's Manual 9.4. SAS Institute, Cary, North Carolina.
- Sato, M. E., M. Z. Da Silva, A. Raga, and M. F. Souza Filho. 2005. Abamectin resistance in *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae): selection, cross-resistance and stability of resistance. *Neotrop. Entomol.* 34: 991-998.

- Seki, K. 2016. Leaf-morphology-assisted selection for resistance to two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) in carnations (*Dianthus caryophyllus* L). *Pest Manag Sci.* 72: 1926-1933.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2017. Producción de Sorgo por Estado. <http://www.siap.gob.mx/> (consultado en septiembre 9, 2017)
- Silva-Flores, M. A., J C. Rodríguez-Maciel, O. Díaz-Gómez, and N. Bautista-Martínez. 2005. Efectividad biológica de un derivado de ácido graso para el control de *Macrosiphum rosae* L. (Homoptera: Aphididae) y *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). *Agrociencia* 39: 319-325.
- Van Leeuwen, T., J. Vontas, A. Tsagkarakou, W. Dermauw, and L. Tirry. 2010. Acaricide resistance mechanisms in the two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* and other important Acari: A review. *Insect Biochem. Mol. Biol.* 40: 563-572.
- Van Pottelberge, S., T. Van Leeuwen, R. Nauen, and L. Tirry. 2009. Resistance mechanisms to mitochondrial electron transport inhibitors in a field-collected strain of *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). *Bull. Entomol. Res.* 99: 23-31.
- Villegas-Elizalde, S. E., J C. Rodríguez-Maciel, S. Anaya-Rosales, H. Sánchez-Arroyo, J. Hernández-Morales, y R. Bujanos-Muñiz. 2010. Resistencia a acaricidas en *Tetranychus urticae* (Koch) asociada al cultivo de fresa en Zamora, Michoacán, México. *Agrociencia (México)* 44: 75-81.
- Whalon, M. E., D. Mota-Sanchez, R. M. Hollingworth, and L. Duynslager. 2012. Arthropod pesticide resistance database. <https://www.pesticideresistance.org/> (consultado en septiembre 9, 2017)

CONCLUSIONES

El uso de agroquímicos para el control de plagas como *T. urticae* es una herramienta valiosa que nos ayudan a tener un control rápido, evitando daños que puedan perjudicar económicamente debido a deterioro en la estética de la flor y follaje, tal es el caso del cultivo de rosa para flor de corte. En este trabajo se detectó que *Tetranychus urticae* presenta resistencia a abamectina en los cuatro municipios estudiados Villa Guerrero, Tenancingo, Coatepec Harinas e Ixtapan. Lo que se sugiere es la reducción en el número de aplicaciones de este acaricida o su suspensión total para ya no someter a la plaga a presión de selección y bajen los niveles de resistencia, así como realizar rotaciones de otros acaricidas con diferentes modos de acción, e implementar un manejo integrado de la plaga.