SEP
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA

Tecnológico Nacional de México

# INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CONKAL

# EFECTIVIDAD DE ACARICIDAS BIORRACIONALES Y QUÍMICOS CONTRA *Oligonychus* sp. EN PAPAYA (*Carica papaya* L.) Y SU EFECTO EN DOS ESPECIES DE ÁCAROS DEPREDADORES

**TESIS**

**Que presenta:**

*Marcos Enrique Cua Basulto*

**Como requisito parcial para obtener el grado de:**

**Maestro en Ciencias en Horticultura Tropical**

**Director de tesis:**

*Dr. Esaú Ruiz Sánchez*

**Conkal, Yucatán, México**
**Junio, 2018**

SEP
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
Instituto Tecnológico de Conkal

Conkal, Yucatán, México, 15 de junio de 2018

El comité de tesis del candidato a grado: Marcos Enrique Cua Basulto, constituido por los CC. Dr. Esaú Ruíz Sánchez, M.C. Alfonzo Pérez Gutiérrez, M.C. Ángel Nexticapan Garcéz y M.C. Rodolfo Martin Mex, habiéndose reunido con el fin de evaluar el contenido teórico-metodológico y de verificar la estructura y formato de la tesis titulada: **Efectividad de acaricidas biorracionales y químicos contra *Oligonychus* sp. en papaya (*Carica papaya* L.) y su efecto en dos especies de ácaros depredadores,** que presenta como requisito parcial para obtener el grado de Maestro en Ciencias, según lo establece el Capítulo 2, inciso 2.13.3, de los Lineamientos para la Operación de los Estudios de Posgrado en el Sistema Nacional de Institutos Tecnológicos, dictaminaron su aprobación para que pueda ser presentada en el examen de grado correspondiente.

**ATENTAMENTE**

Dr. Esaú Ruíz Sánchez
Director de Tesis

M.C. Alfonzo Pérez Gutiérrez
Asesor de Tesis

M.C. Ángel Nexticapan Garcéz
Asesor de Tesis

M.C. Rodolfo Martin Mex
Asesor de Tesis

REDMI NOTE 8
AI QUAD CAMERA

Conkal, Yucatán a 15 de junio de 2018

**DECLARATORIA DE PROPIEDAD**

Declaro que la información contenida en las secciones de materiales y métodos, resultados y discusión de este documento, es producto del trabajo de investigación realizado durante mi estudio de posgrado y con base en los términos de la Ley Federal del Derecho de Autor y la Ley de la Propiedad Industrial le pertenece patrimonialmente al Instituto Tecnológico de Conkal. En virtud de lo manifestado reconozco que los productos intelectuales o desarrollos tecnológicos que se deriven de lo correspondiente a dicha información son propiedad de la citada institución educativa.

Marcos E. Cua Basulto

Marcos Enrique Cua Basulto

## AGRADECIMIENTOS

Al Instituto Tecnológico de Conkal, por haberme otorgado la oportunidad de realizar mis estudios de Posgrado.

Al CONACYT, por la beca otorgada.

Al Dr. Esaú Ruíz Sánchez, por la dirección en este trabajo de investigación por su enseñanza, consejos, tiempo y su confianza brindada.

Al M.C. Alfonzo Pérez Gutiérrez, por su asesoramiento en el desarrollo de este trabajo.

Al M.C. Ángel Nexticapan Garcéz, por su aportación, consejos y conocimientos que siempre me proporciono en este trabajo.

Al M.C. Rodolfo Martín Mex, por su valiosa asesoría en la elaboración de esta tesis, por su apoyo brindado, sus consejos y enseñanzas. Por ayudarme a entender que el éxito es el resultado de un esfuerzo constante y arduo trabajo.

Al biólogo Alberto Rejón e Ingeniero Jonathan Rio, por su apoyo en las colectas en campo.

Al biólogo Omar Orozco por su apoyo en las colectas que se realizaron en Conkal.

A la bióloga Monserrat Esquivel e Ingeniera Ori Pérez, por su invaluable ayuda en el desarrollo de los bioensayos.

A mis amigos y compañeros de Maestría, Emilia, Omar, Jazz, Julio, Lucero, Erika, Wendy, Sandy, Jesús y Ori, por todo lo aprendido y disfrutado en estos dos años.

A mis amigos y compañeros de laboratorio Cristian Góngora y Alejandro García.

## DEDICATORIA

A Dios, por protegerme y cuidarme en todo mi camino y por darme la fuerza necesaria para seguir adelante y superar los momentos difíciles y por permitirme vivir cada día.

Con cariño a mis padres, Graciana Basulto y Víctor Cua, por su lucha inagotable, por sus consejos, sabias palabras y principios y valores que me enseñaron.

A mis hermanos Víctor Cua, Teresa Cua, y Gaspar Cua, por haberme fomentado en mí el deseo de superación para seguir adelante.

A mis sobrinos Lesly, Valeria, Reyna, Fabiola y Marcos, en ustedes encuentro la esperanza del futuro.

A todos: Muchas Gracias

## ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE CONTENIDO ..... vi
ÍNDICE DE CUADROS ..... viii
RESUMEN ..... ix
ABSTRACT ..... x
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN GENERAL ..... 1
1.1 Introducción ..... 1
1.2 Antecedentes ..... 2
1.2.1 El cultivo de papaya ..... 2
1.2.2 Los ácaros como plagas de papaya ..... 3
1.2.3 Ácaros depredadores en papaya ..... 4
1.2.4. Uso de acaricidas en papaya ..... 5
1.3 Hipótesis ..... 6
1.4 Objetivos ..... 6
1.4.1 Objetivo general ..... 6
1.4.2 Objetivos específicos ..... 7
1.5 Procedimiento experimental ..... 8
1.6 Literatura citada ..... 9
CAPITULO II. EFECTIVIDAD DE ACARICIDAS BIORRACIONALES Y QUÍMICOS CONTRA *Oligonychus* sp. EN PAPAYA (*Carica papaya* L.) Y SU EFECTO EN DOS ESPECIES DE ÁCAROS DEPREDADORES ..... 13
2.1 Resumen ..... 13
2.2 Introducción ..... 14
2.3 Materiales y Métodos ..... 15
2.3.1 Colonia de ácaros ..... 15
2.3.2 Descripción de los tratamientos ..... 16
2.3.3 Ensayo de toxicidad en adultos y ninfas de *Oligonychus* sp. ..... 16
2.3.4 Ensayo de toxicidad en huevos de *Oligonychus* sp. ..... 16
2.3.5 Ensayo de la supresión poblacional en campo ..... 17
2.3.6 Ensayo de toxicidad en ácaros depredadores ..... 17

2.3.7 Análisis estadístico ..... 18
2.4 Resultados..... 18
2.4.1 Efecto de los acaricidas en la mortalidad de adultos, ninfas y huevos en laboratorio..... 18
2.4.2. Efecto de los acaricidas en la supresión de la población de adultos, ninfas y huevos por $cm^2$ en campo ..... 20
2.4.3. Efecto de los acaricidas en la mortalidad en ácaros depredadores *Neoseiulus californicus* y *Phytoseiulus persimilis* en laboratorio. ..... 23
2.5 Discusión ..... 24
2.6 Conclusiones..... 28
2.7 Literatura citada ..... 28

## ÍNDICE DE CUADROS


| Cuadro | | Página |
|---|---|---|
| 1 | Efecto de los acaricidas en la mortalidad de adultos en *Oligonychus* sp. en papaya en condiciones de laboratorio. | 19 |
| 2 | Efecto de los acaricidas en la mortalidad de ninfas y huevos en *Oligonychus* sp. en papaya en condiciones de laboratorio. | 20 |
| 3 | Efecto de los acaricidas en el número de adultos en *Oligonychus* sp. por $cm^2$ en hojas de papaya, en condiciones de campo. | 22 |
| 4 | Efecto de los acaricidas en el número de ninfas en *Oligonychus* sp. por $cm^2$ en hojas de papaya, en condiciones de campo. | 22 |
| 5 | Efecto de los acaricidas en el número de huevos en *Oligonychus* sp. por $cm^2$ en hojas de papaya, en condiciones de campo. | 23 |
| 6 | Efecto de acaricidas en la mortalidad de adultos en *Neoseiulus californicus* y *Phytoseiulus persimilis* | 24 |

# RESUMEN

El uso de acaricidas es la estrategia más común para el control de ácaros en papaya. El objetivo de esta investigación fue evaluar la efectividad de acaricidas químicos y biorracionales contra *Oligonychus* sp. y su efecto tóxico en dos especies de ácaros depredadores, *Neoseiulus californicus* y *Phytoseiulus persimilis*. En laboratorio, la toxicidad de los acaricidas en *Oligonychus* sp. se evaluó a las 24, 48 y 72 horas en adultos y ninfas, y 6 días en huevos. En los ácaros depredadores la evaluación de toxicidad se llevó a cabo a las 48 h. Los acaricidas más activos se aplicaron a plantas de papaya infestadas en campo. Se evaluó la supresión poblacional de móviles y huevos de *Oligonychus* sp. a los 0, 1, 2, 3, 7, 14, 21 y 28 días después de la aplicación. En los ensayos de laboratorio, abamectina, spirodiclofen y fenpiroximato, causaron 100 % de mortalidad en adultos y ninfas de *Oligonychu*s sp., mientras que, en huevos, spirodiclofen y etozaxol causaron 100%. En campo, los acaricidas abamectina, spirodiclofen y fenpiroximato redujeron significativamente la densidad poblacional en adultos, ninfas y huevos. La evaluación de toxicidad de los acaricidas en ácaros depredadores mostró que abamectina, spirodiclofen y fenpiroximato causaron mortalidad alta en adultos de *Neoseiulus californicus* y *Phytoseiulus persimilis.*

**ABSTRACT**

The use of acaricides is the most common strategy to manage phytophagous mites in papaya. The goal of the present study was to evaluate the effectiveness of chemical and botanical acaricides on *Oligonychus* sp. and their toxic effect on two predator mites, *Neoseiulus californicus* and *Phytoseiulus persimilis*. Under laboratory conditions, the acaricides were applied to *Oligonychus* sp. and moratlity was evaluated at 24, 48 and 72 h for adults and nymphs, and 6 days for eggs. On predatory mites, the evaluation of toxicity was carried out at 48 h. Under field conditions, the most active acaricides were applied to papaya. Supression of *Oligonychus* sp. population density in papaya at 0, 1, 2, 3, 7, 14, 21 and 28 days after treatment was evaluated. In the laboratory assay abamectin, spirodiclofen and fenpyroximate caused 100 % mortality of *Oligonychu*s sp. adults and nymphs, whereas on eggs, spirodiclofen and etozaxole caused 100% mortality. On filed evaluations, abamectine, spirodiclofen and fenpyroximate reduced significantly the population density of adults, nymphs and eggs. The evaluation of acaricides on the predatory mites showed that abamectin, spirodiclofen and fenpyroximate caused high mortality to *Neoseiulus californicus* and *Phytoseiulus persimilis* adults.

# CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN GENERAL

## 1.1 Introducción

La papaya (*Carica papaya* L.) es originaria del sur de México y Centroamérica, es uno de los frutos tropicales exóticos más apreciados y demandados a nivel nacional e internacional, para su consumo en fresco o industrializado. La superficie cosechada de papaya en México en 2017 fue de 19,114 ha, con una producción de 715,631 ton, por lo tanto, es uno de los principales productores en el mundo. El cultivo de papaya se siembra en 19 estados de la república mexicana, Yucatán ocupa el noveno lugar con una superficie de 268 ha (SIAP, 2017).

Los ácaros son plagas de gran importancia que causan pérdidas económicas a los cultivos agrícolas y hortícolas. Los ácaros son considerados de gran importancia en el cultivo de papaya (*Carica papaya* L.) debido a los daños causados, entre los que se encuentran deformaciones en hojas, frutos y reducción del vigor de las plantas (Abato-Zárate *et al*., 2012; Esteves *et al*., 2008). De igual manera pueden observarse como pequeñas manchas blancas cerca de las venas de las hojas, y en infestaciones severas estas manchas blancas pueden presentarse en todas las hojas (Reyes-Pérez *et al*., 2013). Estos daños disminuyen la tasa fotosintética y la transpiración de las plantas, afectando crecimiento, desarrollo y producción de frutos (Reddall *et al*., 2004; Freitas *et al*., 2009).

En las plantaciones de papaya en el Estado de Yucatán, recientemente se encontró daños severos por ácaros del género *Oligonychus* sp. Estos ácaros se desarrollan principalmente junto a las nervaduras de las hojas y se alimentan del contenido de las células superficiales de estas. Debido al rompimiento de las células, la remoción de clorofila y la saliva inyectada por los ácaros, existe un aumento en la tasa de transpiración, que resulta en la marchitez y caída temprana de las hojas (Bustillo, 2008; Moraes & Flechtmann, 2008).

En el cultivo de papaya, *Oligonychus* sp. ha sido poco estudiado, pero se sabe que, durante periodos prolongados de sequía y altas temperaturas, estos ácaros incrementan su población alimentándose sobre el haz de las hojas, donde rompen células epidermales, lo

que resulta en coloración bronceada de las hojas, y en consecuencia en defoliación (Reis *et al*., 2002; Reyes-Bello *et al*., 2011).

Actualmente, el uso de acaricidas es la estrategia más común para el control de ácaros que afectan la producción de papaya, ya que se han observado resultados positivos en la reducción de la densidad poblacional de inmaduros y adultos (Abato-Zárate *et al*., 2012; Esteves *et al*., 2008). Aunado a lo anterior, el uso del control biológico para poblaciones de plagas puede ayudar a minimizar el uso de pesticidas. En este sentido, Valencia *et al*. (2011) determinó que algunos ácaros depredadores de la familia Phytoseiidae se encuentran naturalmente asociados a ácaros fitófagos en papaya, lo cual indica su viabilidad como agente de control biológico. De igual manera *Neoseiulus californicus* (McGregor) es un ácaro depredador generalista que se ha usado en la supresión de ácaros fitófagos en varios cultivos (Gerson, 2014). El control biológico con depredadores en ácaros plaga ha demostrado su efectividad en varios cultivos y tiene muchas posibilidades en el cultivo de la papaya.

## 1.2 Antecedentes

### 1.2.1 El cultivo de papaya

La papaya (*Carica papaya* L.) es una especie de la familia Caricaceae, nativa del trópico americano. Esta especie es la más importante del género *Carica* por su alto valor nutritivo e industrial. No existen plantas en los países tropicales que, en igualdad de condiciones de suelo y cultivo, se iguale a la papaya, en cuanto a utilidad y variados usos, brindando abundante alimento en corto tiempo (Rodríguez *et al*., 2014). México ocupa el tercer lugar a nivel mundial en producción, superado por la India y Brasil (FAOSTAT, 2016). La superficie sembrada de papaya en México en 2017, fue de 19,114 ha, con una producción de, 964,702 ton, lo que lo ubica como uno de los principales productores en el mundo. El cultivo de papaya se siembra en 19 estados de la república mexicana, donde los estados de Michoacán, Colima, Oaxaca y Chiapas son los que tienen mayor superficie sembrada, Yucatán ocupa el noveno lugar con una superficie sembrada con 268 ha, con una producción de 18,272 ton (SIAP, 2017).

### 1.2.2 Los ácaros como plagas de papaya

En los últimos años y a nivel nacional, productores de papaya en México han notado un incremento en la importancia de los ácaros plaga (Valencia *et al*., 2011). Los ácaros constituyen uno de los grupos de más amplia diversidad biológica entre los arácnidos, al punto que rivalizan con los insectos en cuanto a colonización de los hábitats acuáticos y terrestres. Desde el punto de vista económico, muchas especies pueden llegar a constituir verdaderas plagas de cultivos tanto al alimentarse directamente de ellos como al transmitir virus (De la Torre, 2005).

A nivel internacional, los ácaros que se consideran plagas en papaya pertenecen a tres familias: Eriophyidae, Tarsonemidae y Tetranychidae. Eriophydae está representada por *Callacarus citrifolii* (De la Torrre, 2005). Tarsonemidae incluye a *Polyphagotarsonemus latus*, el cual ataca la parte de los brotes de la planta por lo cual disminuye su crecimiento y producción (Collier *et al*., 2004; De la Torre, 2005). Tetranychidae incluye varias especies, como *Tetranychus kanzawai*, *Tetranychus cinnabarinus*, *Tetranychus urticae*, *Panonychus citri*, *Eutetranychus orientalis* (Lu y Wang, 2005). Tetranychidae se alimentan en hojas maduras, las cuales se tornan amarillentas por el haz y plateadas por el envés, y posteriormente se vuelven necróticas hasta llegar a su caída prematura (Collier *et al*., 2004).

En México se han reportado especies de dos familias, Eriophyidae y Tetranychidae. Valencia-Domínguez *et al*. (2011) encontraron al acaro *Callacarus citrifolii* de la familia Eriophyidae en el estado de Yucatán. Los miembros de la familia Tetranychidae que se alimentan de la papaya son: *Oligonychus yothersi* (Estébanes-González y Baker, 1968). De igual manera, Abato (2011) menciona la presencia de cuatro especies, *Tetranychus merganser*, *Tetranychus urticae*, *Eotetranychus lewisi* y *Eutetranychus banksi*. Por su parte Valencia-Domínguez *et al*. (2011), registraron en el estado de Yucatán a los ácaros *Eutetranychus banksi* y *Tetranychus merganser* todos estos de la familia Tetranychidae.

Uno de los ácaros que afecta las plantaciones de papaya, pertenece al género *Oligonychus* sp. Sin embargo, este ha sido poco estudiado en cuanto a su biología debido a que solo recientemente ha adquirido importancia económica; durante periodos prolongados

de sequía y altas temperaturas estos ácaros incrementan su población alimentándose sobre el haz de las hojas, rompiendo las células epidermales, lo cual causa que las hojas pierdan su brillo y se vuelvan de color bronce y en altas poblaciones causan defoliación (Reyes-Bello *et al*., 2011).

El acaro *Oligonychus* sp. a nivel mundial, se distribuye en Colombia, Argentina, Brasil, Chile, Costa rica, Ecuador, Estados unidos y México, (Reyes-Bello *et al*., 2011). A nivel nacional los ácaros del genero *Oligonychus* sp. se encuentran distribuidos en el estado de Nayarit, Michoacán (Ramos-Gutiérrez *et al*., 2014). Hay pocos estudios de la biología del ácaro *Oligonychu*s sp. porque su importancia económica se reconoció a principios del siglo 21.

El acaro *Oligonychus* sp. presenta un amplio potencial de comportarse como plaga de importancia económica en papaya (Ghoshal *et al*., 2010; Lemus-Soriano *et al*., 2016). El principal daño causado en las plantas puede observarse como pequeñas manchas blancas cerca de las venas de las hojas e infestaciones severas, estas manchas blancas pueden presentarse en todas las hojas (Reyes-Pérez *et al*., 2013) Por lo que disminuye la tasa fotosintética hasta de un 50% y la transpiración de la planta, afectando su crecimiento, desarrollo y producción de frutos (Reddall *et al*., 2004; Freitas *et al*., 2009).

### 1.2.3 Ácaros depredadores en papaya

El uso del control biológico ha sido una alternativa eficaz, para el control de plagas agrícolas, mediante el uso de enemigos naturales; los cuales, suprimen de manera temporal o permanente, las poblaciones de plagas, por debajo de los niveles perjudiciales (Van Driesche *et al*., 2007). En ese sentido, los ácaros de la familia Phytoseiidae, son usados en varios países para el control biológico de ácaros e insectos (Barber *et al*., 2010). Dentro de la familia Phytoseiidae se encuentran dos especies de gran importancia *Neoseiulus californicus* y *Phytoseiulus persimilis* (Barber *et al*., 2010; Reyes-Pérez *et al*., 2013).

*Neoseiulus californicus* es un depredador (tipo II) ya que se alimenta de otros ácaros. Esta especie se encuentra en muchas regiones como climas cálidos y secos, es un

depredador generalista que puede sobrevivir con polen durante períodos de baja densidad de presas, e incluso de exudados de plantas (Gerson and Weintraub, 2007).

*Phytoseiulus persimilis* es un depredador (tipo I) es el mejor representante de la familia Phytoseiidae y ha sido la especie más empleada en programas de control biológico en invernaderos; únicamente cumple su desarrollo cuando se alimenta de ácaros de la subfamilia Tetranychinae, (Gerson and Weintraub, 2007; Weeden *et al*., 2010). *Phytoseiulus persimilis* es un depredador dinámico y proactivo, siendo un voraz con sus presas. Debido a su capacidad para controlar ácaros puede sobreexplotar a su presa y luego desaparecer (Gerson and Weintraun, 2007). De igual manera tiene la capacidad de romper la telaraña con los quelíceros y los palpos, aunque esto representa un serio obstáculo para su alimentación (Shimoda *et al*., 2009). Valencia-Domínguez *et al*. (2011) y Abato-Zarate (2012) realizaron muestreos en Yucatán y Veracruz, respectivamente, donde encontraron especies de ácaros depredadores de la familia Phytoseiidae asociadas a las poblaciones de ácaros plaga en papaya. Al respecto, Collier *et al*. (2004) encontraron en plantaciones de papaya que *Neoseiulus idaeus* coincide en abundancia y tiempo con los ácaros plaga como *Tetranychus urticae* y *Polyphagotarsonemus latus*, donde consideran que puede ser un buen candidato para el control de ácaros plaga. De manera específica, López-Bautista *et al*. (2016) evaluaron el efecto del ácaro depredador *Neoseiulus californicus* sobre el acaro *Tetranychus merganser*, donde pudieron observar una disminución en la densidad de su población en papaya.

### 1.2.4. Uso de acaricidas en papaya

En la mayoría de los casos, los agricultores eligen para controlar los ácaros aplicando pesticidas, ya que son fáciles de usar. Sin embargo, los plaguicidas deben ser utilizados con precaución ya que pueden causar que las plagas desarrollen la resistencia a los productos químicos; también pueden contaminar el medio ambiente lo que limita su utilidad. (Abato-Zárate *et al*., 2012).

La aparición de resistencia ha sido uno de los más grandes problemas en el control del ácaro con acaricidas, dificultando enormemente su recomendación a producir, por lo tanto,

se requiere la adopción de estrategias para evitar la selección de poblaciones resistentes (Esteves *et al*., 2008). Existen varios grupos químicos de acaricidas que se han utilizado como una opción muy eficaz en la reducción de las formas de infestaciones de inmaduros y adultos, tales como dicofol, bifenthrina, propargita, diafentiurón, abamectina y etoxazol (Esteves *et al*., 2008). Respecto al control químico, Abato-Zárate *et al*. (2012) evaluaron acaricidas para el control de *Tetranychus merganser* en papaya, donde encontraron efectos positivos con dicofol-bifenthrin, azufre y aceite parafinico de petróleo. A sí mismo, Ullah *et al*. (2011) realizaron evaluaciones de acaricidas contra *Tetranychus merganser* y encontraron que milbemectina, cyflumetofen, cyenopyrafen, tebufenpyrad, etoxazol y hexythiazox, fueron exitosos para el control de *T. merganser*, por otra parte Lemus-Soriano *et al*. (2016) evaluaron la toxicidad de acaricidas contra el acaro *Oligonychus punicae*, en plantas de aguacate donde encontraron que bifenazate, milbemectina y fenpiroximato causaron más del 90 % de mortalidad en estos ácaros. Otra forma de control contra el acaro *Oligonychus sp*, es el uso del control biológico ya que pueden ayudar a minimizar el uso de pesticidas, el uso de ácaros depredadores ha ayudado a suprimir poblaciones de ácaros, los cuales han sido efectivos para distintos cultivos (Reyes-Pérez *et al*., 2013).

## 1.3 Hipótesis

Los acaricidas químicos causan más del 80 % de mortalidad en *Oligonychus* sp. Este efecto se puede obtener también con acaricidas botánicos.

Los acaricidas botánicos tienen menor impacto en los ácaros depredadores *Phytoseiulus persimilis* y *Neoseiulus californicus* que los acaricidas químicos.

## 1.4 Objetivos

### 1.4.1 Objetivo general

Evaluar el efecto de acaricidas químicos y botánicos en *Oligonychus* sp. y los depredadores *Phytoseiulus persimilis* y *Neoseiulus californicus*.

### 1.4.2 Objetivos específicos

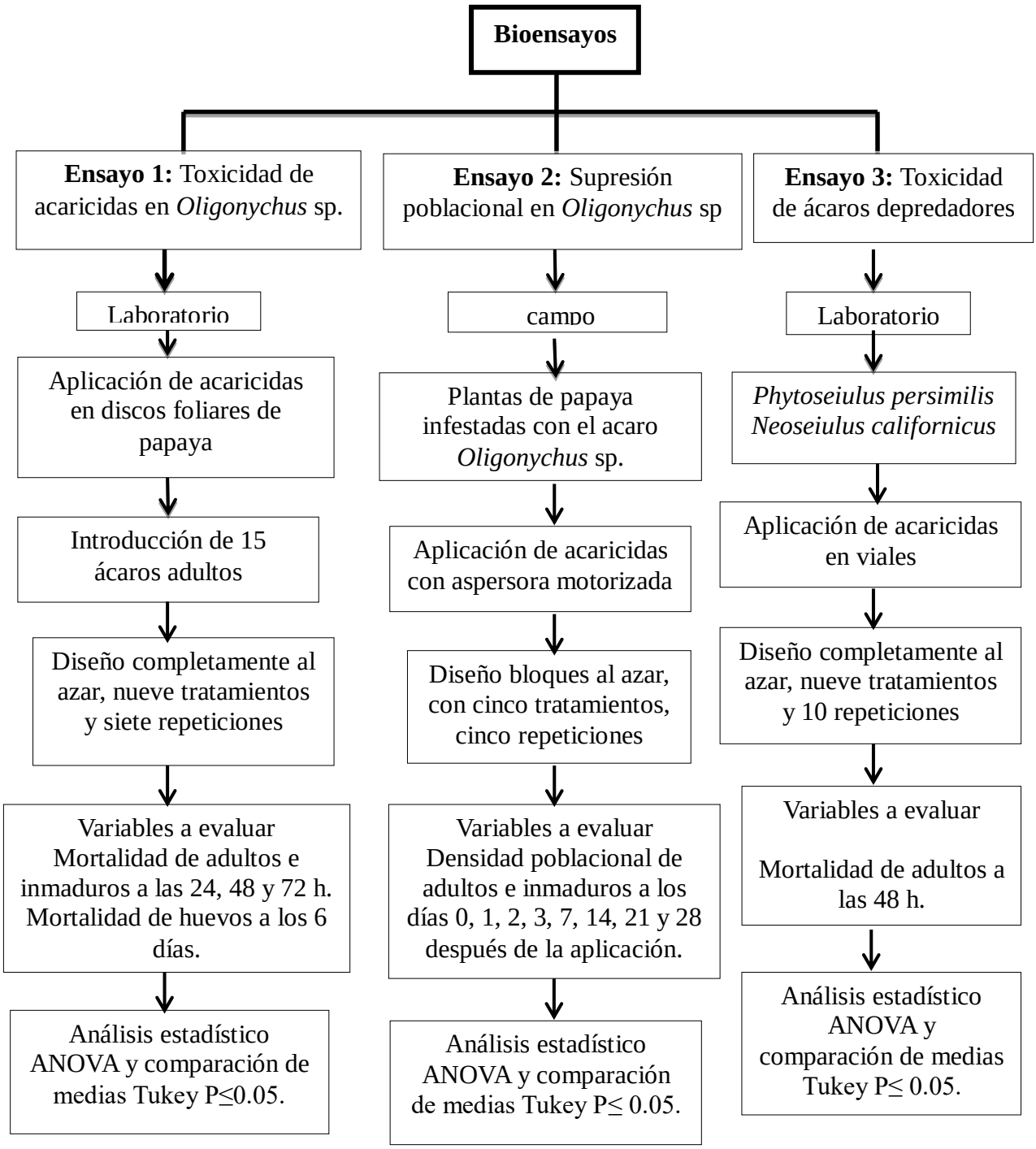
Evaluar el efecto de acaricidas en la mortalidad de adultos e inmaduros de *Oligonychus* sp. en laboratorio.

Determinar el efecto de los acaricidas en la supresión de la población de adultos e inmaduros de *Oligonychus* sp. en campo.

Evaluar el efecto de acaricidas en la mortalidad de los depredadores *Phytoseiulus persimilis* y *Neoseiulus californicus* en laboratorio.

### 1.5 Procedimiento experimental

El presente trabajo se realizó en dos etapas, laboratorio y campo.



## 1.6 Literatura citada


Abato-Zárate, M., J. A. Villanueva-Jiménez, G. Otero-Colina, C. Ávila-Reséndiz, E. Hernández-Castro, N. Reyes- Pérez. 2012. Biological efficacy and selectivity of acaricides in papaya (*Carica papaya* L.). Tropical and Subtropical Agroecosystems 15(2):118-125.

Abato, Z., M. 2011. Manejo integrado de la acarofauna del papayo y su transferencia en el estado de Veracruz. Tesis Doctoral. Colegio de Postgraduados. Campus Veracruz. Programa en Agroecosistemas Tropicales, Manlio Fabio Altamirano, Veracruz, México. 114 p.

Barber, A., C. A. M. Campbell, H. Crane, R. Lilley, and E. Tregidga. 2010. Biocontrol of twospotted spider mite *Tetranychus urticae* on dwarf hops by the phytoseiid mites *Phytoseiulus persimilis* and *Neoseiulus californicus*. Biocontrol Science and Technology 13(3): 275-284.

Bustillo, P. 2008. Los insectos y su manejo en la caficultura colombiana. Los insectos y su manejo en la caficultura colombiana, Edition: 1st, Chapter: Sección 1 Generalidades sobre los insectos, Publisher: Blanecolor Ltda, pp.14-92 Cenicafé. Chinchiná, Colombia.

Collier, K. F. S., J. O. G De Lima, and G. S. Albuquerque. 2004. Predacious Mites in Papaya (*Carica papaya* L.) Orchards: In Search of a Biological Control Agent of Phytophagous Mite Pests. 33: 799-803

De la Torre, S. P. E. 2005. Colectas acarológicas de ciudad de la Habana registrada por la sanidad vegetal. Fitosanidad 9(1): 3-8.

Duso, C., V. Malagnini, A. Pozzebon, F. M. Buzzetti, & P. Tirello. 2008. A method to assess the effects of pesticides on the predatory mite *Phytoseiulus persimilis* (Acari Phytoseiidae) in the laboratory. Biocontrol Science and Technology. 18: 1027-1040.

Esteves, F. A. B., J. V. De Olivera, E. M. G. C. J. Gondim. 2008. Toxicidade de Acaricidas sobre diferentes estágios de vida de *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) em mamoeiro. BioAssay 3:6.

Estébanes-González, M. L, E. W Baker. 1966. Las arañas rojas de México (Acarina: Tetranychidae). Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Méx. 15: 61-133.

Freitas, A., R. Oliveira, P Nabity, L. Higley, and O. Fernandes. 2009. Photosynthetic response of soybean to twospotted spider mite (Acari: Tetranychydae) injury. Brazilian Archives of Biology and Technology 52(4): 825 834.

Gerson, U. and P. G. Weintraub. 2007. Mites for the control of pests in protected cultivation. Pest Management Science. 63:658-676.

Gerson, U. 2014. Pest control by mites (Acari): present and future. Acarologia 54:371–394.

Ghoshal, S., S. Barman, A. Mitra, and M. Saha. 2010. Fluctuation of population and role of feeding on papaya (*Carica papaya*) ider by the spider mite *Oligonychus indicus* (hirst). NBU J. Anim. Sc. 4: 16-21.

Lomelí-Flores, J. R., G. Rodríguez-Leyva, G. Otero-Colima, G. Mora-Aguilera, y F. Esquivel-Chávez. 2008. Primer reporte de *Tetranychus merganser* (Acari: Tetraychidae) sobre *Opuntia ficus-indica* L. en Tlalnepantla, Morelos. Entomología Mexicana 7:21-25.

López-Bautista, E., Ma. T. Santillán-Galicia, J. Suárez-Espinosa, N. Cruz-Huerta, N. Bautista-Martínez, and J. A. Alcántara-Jiménez. 2016. Damage caused by mite *Tetranychus merganser* (Trombidiformes: Tetranychidae) on *Carica papaya* (Violales: Caricaceae) plants and effect of two species of predatory mite. International Journal of Acarology. 1-7.

Lu, C.T. and C. L Wang. 2005. An investigation of spider mites on papaya and reevaluation of some acaricides. Plant Protection Bulletin 47(3): 273 -279.

Mirabal, L. 2003. Los ácaros depredadores como agentes de control biológico. Revista Protección Vegetal 18 (3): 145-152.

Moraes, G. and W. Flechtmann. 2008. Manual de Acarología. Acarología básica e acaras de plantas cultivadas no Brasil. Holos Editora.

Palevsky, E., S. Maoz, Y. Gal, M. Argov, M. Berkeley, M. Zilberstein, Y. Noy, J. Izhar, and M. Coll. 2007. Potenciales depredadores nativos y exóticos para el control biológico de la reciente introducción del ácaro de la palta, *Oligonychus perseae* en huertos de palto en Israel. p. 49. In VI Congreso Mundial de la Palta, Viña del Mar,

Chile. Comité de Paltas y Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Viña del Mar, Chile.

Ramos-Gutiérrez F. A., C. Santilla-Ortega, A. Robles-Bermúdez, N. Isiordia-Aquino, M. García-López, R. J. Flores-Canales, M. S. González-Corona. 2014. Susceptibilidad de acaricidas en *Oligonychus perseae* provenientes de huertos de aguacate en Nayarit, México. Revista Bio Ciencias 3: 220-227.

Reddall, A, V. O. Sadras, L. J. Wilson, and P. Gregg. 2004. Physiological Responses of cotton to two-spotted spider mite damage. Crop Science 44: 835-846.

Reyes-Bello, J. C., N. C. Mesa-Cobo. 2011. Biology of *Oligonychus yothersi* (McGregor) (Acari: Tetranychidae) on avocado *Persea americana* Mill. cv. Lorena (Lauraceae). Zoología. 33: 211-220.

Reyes-Pérez, N., J. A. Villanueva-Jiménez, M. C. Vargas-Mendoza, H. Cabrera-Mendoza, G Otero-Colima. 2013. Parámetros poblacionales de *Tetranychus merganser* Boudeaux (Acari:Tetranychidae) en papayo (*C. papaya* L.) a diferentes temperaturas. México. Agrociencia 47:147-157.

Reséndiz, G. B., y T. J. Fausto-Moya. 2010. Identificación de los ácaros asociados al papayo (*Carica papaya* L.). En: Sánchez G. M. C., I. J. S. Sandoval, V. E. G. Estrada (eds.). Memorias del Primer Simposio Internacional de Acarología. Universidad Autónoma Chapingo, México. 2-6 de agosto. pp. 25-31.

Rodríguez. C. J., H. Y. Díaz, G. A. Pérez, C. Z. Natali, y H. P. Rodríguez. 2014. Evaluación de la calidad y el rendimiento en papaya silvestre (*Carica papaya* L.) de Cuba. Cultivos Tropicales 35(3):36-44.

Shimoda T., H. Kishimoto, J. Takabayashi, H. Amano, and M. Dicke. 2009. Comparison of thread-cutting behavior in three specialist predatory mites to cope with complex webs of Tetranychus spider mites. Experimental and Applied Acarology 47: 111-120.

Tirello, P., A. Pozzebon, C. Duso. 2013. The effect of insecticides on the non-target predatory mite *Kampimodromus aberrans*: Laboratory studies. Chemosphere. 93: 1139-1144.

Ullah, M. S., D. Moriya, D. Kongchuensin, P. Konvipasruang, and T. Gotoh. 2011. Comparative toxicity of acaricides to *Tetranychus merganser* Boudreaux and

*Tetranychus kanzawai* Kishida (Acari: Tetranychidae) International Journal of Acarology 37:535–543.

Ullah, M. S, D. Morilla, M.H Badii, G. Nachman, and G. T Gotoh. 2010. A comparative study of development and demographic parameters of *Tetranychus merganser* and *Tetranychus kanzawai* (Acari: Tetranychidae) at different temperatures. Experimental and Applied Acarology 54(1): 1-19.

Valencia-Domínguez, H. M., G. Otero-Colina, M. T. Santillán-Galicia, E. Hernández-Castro. 2011. Acarofauna en papaya var. Maradol (*Carica papaya* L.) en el estado de Yucatán, México. Entomotropica 26(1):17-30.

Van Driesche, R. G., M. S. Hoddle, and T. D Center 2007. Liberación aumentativa de enemigos naturales en cultivos exteriores. En: Control de Plagas y Malezas por Enemigos Naturales. pp. 495-516.

Weeden, C. R., A. M. Shelton, and M. P. Hoffman. 2010. Biological Control: A Guide to Natural Enemies in North América. www.nysaes.cornell.edu/ent/biocontrol/. (Consultado: 7/02/2018).

# CAPITULO II. EFECTIVIDAD DE ACARICIDAS BIORRACIONALES Y QUÍMICOS CONTRA *Oligonychus* sp. EN PAPAYA (*Carica papaya* L.) Y SU EFECTO EN DOS ESPECIES DE ÁCAROS DEPREDADORES

Marcos **Cua-Basulto**[1]**,** Esaú **Ruíz-Sánchez**[1]**,** Alfonzo **Pérez-Gutiérrez**[1]**,** Ángel **Nexticapan-Garcéz**[2]**,** Rodolfo **Martín-Mex**[2]

[1]Instituto Tecnológico de Conkal, Tecnológico Nacional de México, División de Estudios de Posgrado e Investigación. Avenida Tecnológico s/n, C.P. 97345, Conkal, Yucatán, México. [2]Centro de Investigación Científica de Yucatán A.C. Calle 43 #130. Colonia Chuburná de Hidalgo, C.P. 97200. Mérida, Yucatán.

## 2.1 Resumen

El uso de acaricidas es la estrategia más común para el control de ácaros en papaya. El objetivo de esta investigación fue evaluar la efectividad de acaricidas químicos y biorracionales contra *Oligonychus* sp. y su efecto tóxico en dos especies de ácaros depredadores, *Neoseiulus californicus* y *Phytoseiulus persimilis*. En laboratorio, la toxicidad de los acaricidas en *Oligonychus* sp. Se evaluó a las 24, 48 y 72 horas en adultos y ninfas, y 6 días en huevos. En los ácaros depredadores la evaluación de toxicidad se llevó a cabo a las 48 h. Los acaricidas más activos se aplicaron a plantas de papaya infestadas en campo. Se evaluó la supresión poblacional de móviles y huevos de *Oligonychus* sp. a los 0 1, 2, 3, 7, 14, 21 y 28 días después de la aplicación. En los ensayos de laboratorio abamectina, spirodiclofen y fenpiroximato causaron 100 % de mortalidad en adultos y ninfas de *Oligonychus* sp., mientras que, en huevos, spirodiclofen y etozaxol causaron 100%. En campo, los acaricidas abamectina, spirodiclofen y fenpiroximato redujeron significativamente la densidad poblacional en adultos, ninfas y huevos. La evaluación de toxicidad de los acaricidas en ácaros depredadores mostró que abamectina, spirodiclofen y fenpiroximato causaron mortalidad alta en adultos de *Neoseiulus californicus* y *Phytoseiulus persimilis.*

**Palabras claves**: Ácaro fitófago, ácaro depredador; acaricidas biorracionales, manejo de plagas.

## 2.2 Introducción

Los ácaros son considerados de gran importancia en el cultivo de papaya (*Carica papaya* L.) debido a los daños causados, (Abato-Zárate et al., 2012), entre las que se encuentran deformaciones en hojas, frutos y la reducción del vigor de las plantas (Esteves *et al*., 2008). Los ácaros que se alimentan de la papaya en México son: *Oligonychus yothersi* (Estébanes-González y Baker, 1968); además de cuatro especies como *Tetranychus merganser*, *Tetranychus urticae*, *Eotetranychus lewisi* y *Eutetranychus banksi* (Abato, 2011). En Yucatán se registró a los ácaros *Eutetranychus banksi* y *Tetranychus merganser*, (Valencia-Domínguez *et al*., 2011).

Uno de los ácaros que afecta las plantaciones de papaya, pertenece al género *Oligonychus* sp, estos ácaros se desarrollan principalmente en las nervaduras de las hojas, alimentándose del contenido de las células superficiales, lo cual estas se caen debido al rompimiento de las células que lleva al mal funcionamiento de la hoja, (Bustillo, 2008; Moraes & Flechtmann, 2008).

El control biológico es una alternativa eficaz, para el control de plagas agrícolas, mediante el uso de enemigos naturales; los cuales suprimen de manera temporal o permanente las poblaciones de plagas, (Van Driesche *et al*., 2007). En ese sentido, dentro la familia Phytoseiidae se encuentran dos especies de gran importancia *Neoseiulus californicus* y *Phytoseiulus persimilis* (Barber *et al*., 2010; Reyes-Pérez *et al*., 2013). En Yucatán y Veracruz se han encontrado especies de ácaros depredadores de la familia Phytoseiidae asociados a poblaciones de ácaros plaga en papaya, (Valencia-Domínguez *et al*., 2011; Abato-Zarate, 2012). De igual manera se han encontrado en plantaciones de papaya que *Neoseiulus idaeus* coincide en abundancia y tiempo con los ácaros plaga como *Tetranychus urticae* y *Polyphagotarsonemus latus*, (Collier *et al*., 2004).

La aparición de resistencia ha sido uno de los más grandes problemas en el control del ácaro con acaricidas, dificultando enormemente su recomendación, por lo tanto, se requiere la adopción de estrategias para evitar la selección de poblaciones resistentes (Esteves *et al*.,

2008). Existen varios grupos químicos de acaricidas que se han utilizado como una opción muy eficaz en la reducción de inmaduros y adultos.

Respecto al control químico, se evaluaron acaricidas para el control de *Tetranychus merganser* en papaya, donde encontraron efectos positivos con dicofol-bifenthrin, azufre y aceite parafinico de petróleo, (Abato-Zárate *et al*., 2012). A sí mismo, Ullah *et al*. (2011) realizaron evaluaciones de acaricidas contra *Tetranychus merganser* y encontraron que milbemectina, cyflumetofen, cyenopyrafen, tebufenpyrad y etoxazol, fueron exitosos para el control de *T. merganser*. por otra parte, Lemus-Soriano *et al*. (2016) evaluaron la toxicidad de acaricidas contra el acaro *Oligonychus punicae*, en plantas de aguacate donde encontraron que bifenazate, milbemectina y fenpiroximato causan más del 90 % de mortalidad en estos ácaros. Por consiguiente, se planteó que los acaricidas químicos causan más del 80% de mortalidad en *Oligonychus* sp y los acaricidas botánicos tienen menos impacto en los ácaros depredadores. Por lo tanto, el objetivo fue evaluar la efectividad biológica de acaricidas químicos y botánicos contra *Oligonyhcus* sp y su efecto en dos ácaros depredadores *Neoseiulus californicus* y *Phytoseiulus persimilis*.

## 2.3 Materiales y Métodos

### 2.3.1 Colonia de ácaros

Se estableció una colonia de *Oligonychus* sp. proveniente de una plantación comercial de papaya (*Carica papaya* L.) ubicada en el municipio de Tepakan, Yucatán. Se colectaron hojas infestadas con ácaros y se trasladaron a un invernadero con plantas de papaya de 3 meses de edad. Para infestar las plantas del invernadero, las hojas traídas de campo se fijaron con clips a la parte apical de las plantas sanas. Este proceso permitió que los ácaros colonizaran las plantas del invernadero y se establecieran en aproximadamente dos semanas.

### 2.3.2 Descripción de los tratamientos

Se utilizaron ocho acaricidas comerciales. Tres extractos botánicos, Canela *Cinnamomun zeylanicum* (Cinnacar, 7.5ml/L, Emulsión de aceite 15%, promotora Técnica Industrial S.A. de C.V.); Neem *Azadirachta indica* y de canela *Cinnamomum zeylanicum* (NeemAcar, 5.0ml/L, Progranic, concentrado Emulsionante 15%, Promotora Técnica Industrial S.A de C.V.); Aceite de soya *Glycine max* (EPA 90 Aceite vegetal, 7.5ml/L, Biokrone S.A. de C.V.) y cinco acaricidas químicos Acramite (bifenazate 2.0g/L), Tetrasan (etoxazole 1.25ml/L), Sumatrus (fenpyroximate 2.5ml/L), Envidor (spirodiclofen 0.6ml/L), y Abakrone (abamectina 1.0ml/L) con registro en el cultivo de papaya y un testigo agua destilada.

### 2.3.3 Ensayo de toxicidad en adultos y ninfas de *Oligonychus* sp.

El ensayo se estableció en el laboratorio del Instituto Tecnológico de Conkal. Los adultos y ninfas de *Oligonychus* sp. fueron colocados en discos foliares de papaya (*Carica papaya*) de 5 cm de diámetro. Los discos foliares se sumergieron por el método de inmersión en la solución con los diferentes acaricidas durante 5 segundos. Después de la inmersión, los discos se secaron a temperatura ambiente aproximadamente 30 minutos. La unidad experimental consistió en placas Petri de 9 cm de diámetro por 1cm de altura, los discos foliares se colocaron sobre algodón húmedo y los bordes se cubrieron para evitar que los ácaros escaparan. Las cajas Petri se humedecieron con agua destilada para mantener la turgencia de los discos foliares. En cada disco se colocaron 15 individuos tanto como adultos o ninfas. La mortalidad se evaluó a las 24, 48 y 72 horas después de la exposición a los acaricidas, contando el número total de adultos y ninfas vivos o muertos. Los ácaros que no caminaron al menos la distancia correspondiente a su longitud corporal y después de ser tocados con un pincel fino se consideraron muertos (Monteiro *et al.*, 2015).

### 2.3.4 Ensayo de toxicidad en huevos de *Oligonychus* sp.

Para el ensayo de toxicidad en huevos, 10 ácaros adultos de *Oligonychus* sp. fueron colocados en discos foliares de papaya de 5 cm de diámetro; estos discos fueron colocados

sobre algodón húmedo y los bordes se cubrieron para evitar que los ácaros escapen. Las cajas Petri se humedecieron con agua destilada para mantener la turgencia de los discos foliares. Los 10 ácaros adultos se dejaron por 24 horas para su oviposición, pasando ese lapso de tiempo y con la ayuda de un estereoscopio y un pincel fino fueron removidos los ácaros adultos, hasta dejar 20 huevos en cada disco foliar. Los discos foliares con los huevos fueron sumergidos en los diferentes acaricidas durante 5 s. La mortalidad se evaluó a los 6 días después de la aplicación contando el número de huevos eclosionados o no eclosionados. La unidad experimental fue un disco foliar y el experimento consistió en 8 repeticiones para cada uno de los 9 tratamientos, (Wang *et al*., 2016).

### 2.3.5 Ensayo de la supresión poblacional en campo

El efecto acaricida se evaluó bajo condiciones de campo en el municipio de Conkal, Yucatán. El ensayo de efectividad de los acaricidas se realizó en plantas de papaya de 8 meses de edad, para lo cual estas fueron inoculadas con ácaros adultos de *Oligonychus* sp. y con la ayuda de un estereoscopio se evaluó la densidad de adultos e inmaduros por $cm^2$ antes de la aplicación. Se utilizó una aspersora motorizada de 25 L. (Stihl 420) para la aplicación de los acaricidas. Se utilizaron 5 acaricidas que resultaron más efectivos en la etapa de laboratorio. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con 5 tratamientos y 5 repeticiones cada uno. La unidad experimental fue de siete plantas. De cada unidad experimental se tomaron las tres plantas del centro y se muestrearon seis hojas por parcela que dan un total de 30 muestras por tratamiento en las 5 repeticiones. Las evaluaciones se realizaron a los 0, 1, 2, 3, 7, 14, 21 y 28 días, después de la aplicación de los acaricidas, contando la densidad poblacional de adultos e inmaduros, (Labanowska *et al*., 2015).

### 2.3.6 Ensayo de toxicidad en ácaros depredadores

El ensayo de toxicidad se estableció en el laboratorio, los ácaros depredadores *Phytoseiulus persimilis* y *Neoseiulus californicus* se obtuvieron de manera comercial a la empresa Koppert Mexico, Los ácaros depredadores fueron colocados en viales que previamente fueron tratados con una solución de 10-15 ml de cada acaricida y se agitaron para obtener una cobertura uniforme sobre la superficie del vidrio y se dejaron secar al

menos 3 horas, luego se colocó una gota de miel en cada vial como alimento. En los viales tratados se introdujeron 10 ácaros adultos de *N. californicus* o *P. persimilis* y se tapó el vial. Se registró la mortalidad de los ácaros a las 48 horas después de la aplicación contando el número de adultos vivos o muertos. Los ácaros que no caminaron al menos la distancia correspondiente a su longitud corporal y después de ser tocados con un pincel fino se consideró muerto. La unidad experimental fue un vial y el experimento consistió en 10 repeticiones para cada uno de los 9 tratamientos. (Cheri *et al*., 2012).

### 2.3.7 Análisis estadístico

Los datos obtenidos se transformaron mediante la función de raíz cuadrada. Se realizó análisis de varianza y comparación de medias por la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) con el Programa estadístico SPSS.

## 2.4 Resultados

### 2.4.1 Efecto de los acaricidas en la mortalidad de adultos, ninfas y huevos en laboratorio

El efecto de los acaricidas dependió del estado de desarrollo de *Oligonychus* sp. y del periodo de exposición. La mortalidad de adultos fue significativamente mayor por efecto de la abamectina y spirodiclofen desde las 24 horas de exposición, donde se observó mortalidad mayor a 90%. El fenpiroximato causó 100% de mortalidad a las 48 horas de exposición, mientras que el bifenazate y el aceite de soya causaron más del 95% de mortalidad hasta las 72 horas de exposición (Cuadro1).

En la evaluación de los acaricidas en la mortalidad de ninfas, se observó significativamente mayor el efecto de la abamectina, fenpiroximato y spirodiclofen a las 24 horas de exposición, donde se observó 100% de mortalidad de *Oligonychus* sp. El bifenazate causó alta mortalidad (95%) a las 48 horas de exposición. El etoxazole y aceite de soya causaron más de 90 % de mortalidad a las 72 horas (Cuadro 2).

Respecto al efecto de los acaricidas en huevos, se observó que el spirodiclofen y etoxazole causaron 100% mortalidad. También el fenpiroximato tuvo alta efectividad, el cual ocasionó 93% de mortalidad de huevos (Cuadro2).

**Cuadro 1. Efectos de acaricidas en la mortalidad de adultos en *Oligonychus* sp. en papaya en condiciones de laboratorio.**

| **Tratamientos** | **% mortalidad de adultos** | | |
|---|---|---|---|
| | **24 h** | **48 h** | **72 h** |
| Abakrone (Abamectina) | 100.0±0.00 a | 100.0±0.00 a | 100.0±0.00 a |
| Envidor (Spirodiclofen) | 94.2±3.06 a | 99.0±0.95 a | 100.0±0.00 a |
| Sumatrus (Fenpiroximato) | 42.8±4.07b | 100.0±0.00 a | 100.0±0.00 a |
| Acramite (Bifenazate) | 15.2±3.47 c | 85.7±4.46 b | 100.0±0.00 a |
| Tetrasan (Etoxazole) | 11.4±1.90 cd | 33.3±3.56 c | 73.3±3.56 c |
| EPA 90 (Aceite de soya) | 3.8±1.98 d | 43.8±3.80 c | 95.2±1.90 ab |
| Cinnacar (Canela) | 3.8±1.98 d | 13.3±3.25 d | 88.5±2.80 b |
| NeemAcar (Neem y canela) | 9.5±2.45 cd | 20.0±2.05 d | 41.9±2.39 d |
| Testigo (Agua) | 0.00±0.00 e | 1.90±1.22 e | 1.90±1.22 e |

Letras diferentes en la misma columna indican diferencia significativa (Tukey, $p \leq 0.05$). Medias ± error estándar de la media.

**Cuadro 2. Efecto de acaricidas en la mortalidad de ninfas y huevos en *Oligonychus* sp. en papaya, en condiciones de laboratorio.**

| Tratamientos | % mortalidad de ninfas | | | % mortalidad de huevos |
|---|---|---|---|---|
| | 24 h | 48 h | 72 h | 6 días |
| Abakrone (Abamectina) | 100.0±0.00 a | 100.0±0.00 a | 100.0±0.00 a | 77.0±2.0c |
| Sumatrus (Fenpiroximato) | 100.0±0.00 a | 100.0±0.00 a | 100.0±0.00 a | 93.0±1.22ab |
| Envidor (Spirodiclofen) | 100.0±0.00 a | 100.0±0.00 a | 100.0±0.00 a | 100.0±00.0a |
| Acramite (Bifenazate) | 80.8±2.93 b | 95.0±1.66 ab | 98.3±1.09 a | 84.0±1.87bc |
| Tetrasan (Etoxazole) | 49.1±3.76 c | 76.6±2.51 c | 93.3±1.78 ab | 100.0±00.0a |
| EPA 90 (Aceite de soya) | 45.8±5.10 c | 87.5±1.96 b | 96.6±1.78 a | 88.0±2.54b |
| Cinnacar (Canela) | 10.8±1.75 d | 35.0±2.74 e | 66.6±2.51c | 54.0±2.91d |
| NeemAcar (Neem y canela) | 16.1±2.18 d | 49.1±2.5 d | 87.5±2.33 b | 86.0±2.91bc |
| Testigo (Agua) | 0.00±0.00 e | 0.8±0.83 f | 5.8±1.51 d | 2.0±1.22e |

Letras diferentes en la misma columna indican diferencia significativa (Tukey, $p \leq 0.05$,). Medias ± error estándar de la media.

### 2.4.2. Efecto de los acaricidas en la supresión de la población de adultos, ninfas y huevos por $cm^2$ en campo

La evaluación de la densidad poblacional dependió del estado de desarrollo de *Oligonychus* sp, y del periodo de exposición, los valores obtenidos en el muestreo previo a la aplicación en adultos oscilaron entre 12 y 13.2 ácaros/cm2 para todos, siendo estadísticamente iguales entre sí.

Al día 1 se observó una disminución en la densidad de las plantas tratadas con abamectina y spirodiclofen. A los días 2 y 3 el fenpiroximato también causó reducción en

la densidad poblacional de adultos. Posteriormente, las densidades poblacionales en todos los tratamientos presentaron un ligero incremento, alcanzando valores entre 0.5 a 3.6 y 1.8 a 6 ácaros/$cm^2$ para los muestreos realizados a los 7 y 14 días después de la aplicación. Finalmente, a los 21 y 28 días, incremento la densidad poblacional en adultos (Cuadro 3).

En la evaluación de la densidad poblacional de ninfas, los valores obtenidos en el muestreo previo a la aplicación oscilaron entre 10.0 y 10.2 ninfas/cm2 para todos los acaricidas. Al día 1 se observó una disminución en la densidad poblacional con abamectina. A los días 2 y 3 se observó que spirodiclofen y fenpiroximato también disminuyen la densidad poblacional. Posteriormente, todos los acaricidas presentaron un incremento poblacional, alcanzando valores entre 1.0 a 8.0 ninfas/$cm^2$ en los muestreos realizados a los 7, 14, 21 y 28 días después de la aplicación. (Cuadro 4).

Respecto a la evaluación de la densidad poblacional de huevos, los valores obtenidos en el muestreo previo a la aplicación oscilaron entre 16.6 y 17.5 huevos/$cm^2$. Al día 1, 2 y 3 después de la aplicación, se observó una ligera disminución en la densidad poblacional en todos los acaricidas evaluados. A los 7 días se observó una mayor disminución de la densidad en huevos en las plantas tratadas con abamectina y spirodiclofen. Posteriormente, todos los acaricidas presentaron un incremento, alcanzando valores entre 4.5 a 19.2 huevos/$cm^2$ en los muestreos realizados a los 14, 21 y 28 días después de la aplicación. (Cuadro 5).

**Cuadro 3. Efecto de los acaricidas en el número de adultos en *Oligonychus* sp. por cm$^2$ en hojas de papaya, en condiciones de campo.**

| Tratamientos | Numero de adultos móviles por cm$^2$ | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | **día 0** | **día 1** | **día 2** | **día 3** | **día 7** | **día 14** | **día 21** | **día 28** |
| Abakrone (Abamectina) | 13.2±0.41a | 2.0±0.17d | 0.8±0.27c | 0.5±0.15c | 0.5±0.15d | 1.8±0.36d | 4.0±0.28b | 5.0±0.32cd |
| Envidor (Spirodiclofen) | 12.1±0.27a | 2.3±0.25d | 1.2±0.17c | 0.2±0.13c | 0.5±0.19d | 2.0±0.34d | 3.4±0.19b | 4.3±0.25d |
| Sumatrus (Fenpiroximato) | 12.9±0.35a | 4.6±0.54c | 1.6±0.22c | 0.8±0.11bc | 1.5±0.26c | 3.7±0.21c | 3.9±0.28b | 6.3±0.25b |
| EPA 90 (Aceite de soya) | 12.0±0.37a | 9.0±0.50b | 7.0±0.28b | 1.9±0.33b | 3.6±0.232b | 6.0±0.36b | 7.4±0.78a | 6.1±0.44bc |
| Testigo (Agua) | 12.1±0.32a | 10.8±0.44a | 10.2±0.37a | 10.5±0.46a | 10.0±0.28a | 10.1±0.29a | 8.5±0.39a | 8.1±0.20a |

Letras diferentes en la misma columna indican diferencia significativa (Tukey, $p \leq 0.05$,). Medias ± error estándar de la media.

**Cuadro 4. Efecto de los acaricidas en el número de ninfas en *Oligonychus* sp. por cm$^2$ en hojas de papaya, en condiciones de campo.**

| Tratamientos | Numero de ninfas por cm$^2$ | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | **día 0** | **día 1** | **día 2** | **día 3** | **día 7** | **día 14** | **día 21** | **día 28** |
| Abakrone (Abamectina) | 10.2±0.32a | 1.9±0.28d | 1.2±0.39c | 0.4±0.14c | 1.0±0.14c | 1.7±0.17d | 4.0±0.31b | 4.5±0.37b |
| Envidor (Spirodiclofen) | 10.0±0.35a | 2.5±0.22cd | 1.1±0.34c | 0.6±0.18c | 1.0±0.27c | 1.2±0.13cd | 4.9±0.57b | 4.5±0.43b |
| Sumatrus (Fenpiroximato) | 10.0±0.35a | 3.2±0.30c | 1.0±0.21c | 0.5±0.15c | 2.0±0.21c | 3.5±0.23c | 5.0±0.40b | 4.2±0.30b |
| EPA 90 (Aceite de soya) | 10.0±0.46a | 8.9±0.35b | 5.8±0.38b | 2.7±0.25b | 3.6±0.25b | 6.7±1.00b | 8.0±0.99a | 5.0±0.36b |
| Testigo (Agua) | 10.2±0.16a | 10.6±0.31a | 10.1±0.36a | 10.9±0.35a | 10.0±0.40a | 10.4±0.28a | 9.8±0.97a | 8.1±0.40a |

Letras diferentes en la misma columna indican diferencia significativa (Tukey, $p \leq 0.05$,). Medias ± error estándar de la media.

**Cuadro 5. Efecto de los acaricidas en el número de huevos en *Oligonychus* sp. por $cm^2$ en hojas de papaya, en condiciones de campo.**

| Tratamientos | Numero de huevos por $cm^2$ | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | **día 0** | **día 1** | **día 2** | **día 3** | **día 7** | **día 14** | **día 21** | **día 28** |
| Abakrone (Abamectina) | 17.0±0.86a | 12.4±0.94b | 10.0±0.27c | 8.8±0.44c | 2.5±0.19c | 4.5±0.39c | 12.5±1.5b | 11.6±0.70a |
| Envidor (Spirodiclofen) | 16.7±0.69a | 12.8±0.89b | 9.6±0.18c | 8.9±0.63c | 2.5±0.46c | 5.0±0.39c | 12.8±0.47b | 11.8±0.85a |
| Sumatrus(Fenpiroximato) | 16.8±0.44a | 13.6±0.56b | 12.4±0.22b | 12.0±0.24b | 4.8±0.20b | 5.3±0.25c | 13.4±1.0b | 13.0±0.76a |
| EPA 90 (Aceite de soya) | 16.6±0.49a | 15.2±0.1ab | 12.9±0.22b | 10.6±0.39bc | 2.7±0.86c | 9.6±1.2b | 19.2±1.0a | 11.5±1.0a |
| Testigo (Agua) | 17.5±0.45a | 17.8±0.74a | 16.2±0.65a | 14.8±0.36a | 10.0±0.72a | 14.3±0.76a | 18.1±0.86a | 14.1±0.81a |

Letras diferentes en la misma columna indican diferencia significativa (Tukey, $p \leq 0.05$,). Medias ± error estándar de la media.

### 2.4.3. Efecto de los acaricidas en la mortalidad en ácaros depredadores *Neoseiulus californicus* y *Phytoseiulus persimilis* en laboratorio.

El efecto de los acaricidas en la mortalidad de los ácaros depredadores *Neoseiulus californicus* fue significativamente mayor por efecto de la abamectina, spirodiclofen y fenpiroximato, a las 48 horas de exposición, donde se observó mortalidad del 100% (Cuadro 6).

En la mortalidad de ácaros depredadores *Phytoseiulus persimilis*, el efecto fue mayor en abamectina, spirodiclofen y fenpiroximato a las 48 horas, donde se observó una mortalidad del 100% (Cuadro 6).

**Cuadro 6. Efecto de acaricidas en la mortalidad de adultos en *Neoseiulus californicus* y *Phytoseiulus persimilis* en condiciones de laboratorio.**

| Tratamientos | *Neoseiulus californicus* | *Phytoseiulus persimilis* |
|---|---|---|
| | % de mortalidad 48 h | % de mortalidad 48 h |
| Abakrone (Abamectina) | 100.0±0.0a | 100.0±0.0a |
| Envidor (Spirodiclofen) | 100.0±0.0a | 100.0±0.0a |
| Sumatrus (Fenpiroximato) | 100.0±0.0a | 100.0±0.0a |
| Acramite (Bifenazate) | 88.7±2.4b | 92.0±2.4a |
| Tetrasan (Etoxazole) | 36.3±1.6d | 42.6±2.6c |
| EPA (Aceite de soya) | 48.0±3.2c | 54.6±2.4b |
| NeemAcar (Neem y canela) | 29.3±3.3de | 32.0±2.4d |
| Cinnacar (Canela) | 22.6±3.3e | 29.3±2.6d |
| Testigo (Agua) | 2.6±1.6f | 2.6±1.6e |

Letras diferentes en la misma columna indican diferencia significativa (Tukey, $p \leq 0.05$,). Medias ± error estándar de la media.

## 2.5 Discusión

En el presente trabajo se evaluó el efecto de acaricidas químicos y biorracionales sobre el acaro *Oligonychus* sp. y su efecto en dos especies de ácaros depredadores *Neoseiulus californicus* y *Phytoseiulus persimilis*. En la evaluación de los acaricidas en adultos y ninfas bajo condiciones de laboratorio, se observó que la abamectina, spirodiclofen y fenpiroximato causaron alta mortalidad desde las 24 y 48 horas posteriores a la aplicación. En la evaluación de los acaricidas en huevos, se observó que etoxazole y spirodiclofen causaron 100% de mortalidad, seguidos de fenpiroximato con 93% de mortalidad.

En la evaluación de campo los productos la abamectina, spirodiclofen y fenpiroximato tuvieron mayor efectividad en la supresión de las poblaciones de adultos y ninfas. Así

mismo, la abamectina y spirodiclofen tuvieron mayor efectividad en la supresión poblacional de huevos.

Es importante resaltar que los tres productos más efectivos presentan diferentes modos de acción. La abamectina tiene actividad translaminar y su modo de acción genera un bloqueo del ácido Gamna aminobutirico (GABA), de igual manera, es antagonista de los canales de cloro en la unión neuromuscular que conlleva a generar parálisis sobre los ácaros adultos, provocando un cese en su alimentación y posteriormente su muerte (Ishaaya *et al*., 2007; Hoy, 2011). Otro acaricida que tiene alta efectividad fue spirodiclofen, un derivado del ácido tetrónico que actúa en la inhibición de la acetil-CoA- carboxilasa. Este compuesto es altamente tóxico para los estados de huevos e inmaduros en ácaros, mientras que su efecto en adultos es más lento, reduciendo su fecundidad y fertilidad (Marcic, 2012). Fenpiroximato es un acaricidas que pertenece al grupo de pirazoles, que actúa inhibiendo el transporte de electrones mitocondrial con rápida actividad contra ninfas y adultos actuando por contacto e ingestión (Reddy *et al*., 2014).

Varios investigadores han informado sobre la toxicidad de abamectina para los ácaros fitófagos. Lagziri y El Amrani (2009) registraron mortalidad del 100% sobre *T. urticae* mediante el uso de abamectina. Incluso, Uddin *et al*. (2015) mencionan que la abamectina es altamente tóxica desde las 4 horas de exposición, pues puede causar hasta 100 % de mortalidad sobre *T. urticae* en este periodo corto de exposición. En estudios de campo, la residualidad de la abamectina es considerable. Se ha observado para adultos y ninfas de *Oligonychus* sp., y *T. urticae* una reducción en la densidad poblacional desde los días 1-3, hasta el día 14 después de la aplicación (Duchovskiene, 2007; Uddin *et al*., 2015).

En el presente trabajo, spirodiclofen causó mortalidad del 100% en adultos y ninfas en *Oligonychus* sp. Un resultado similar fue observado por Ouyang *et al*. (2011), quienes encontraron que spirodiclofen causa mortalidad del 100% en poblaciones de ácaros *Panonychus citri*. Spirodiclofen requiere mayor tiempo de exposición para ejercer su efecto, comparado con productos neurotóxicos, como abamectina. Raudonis (2006) encontró que spirodiclofen causó mortalidad de 96.1% en *Tetranychus urticae* hasta el día 7 después de la aplicación. De manera similar, Lemus-Soriano y Pérez-Aguilar (2017)

encontraron que spirodiclofen causó 88% de mortalidad en *Oligonychus punicae* al día 7 después de la aplicación. Aunque el spirodiclofen requiere mayor tiempo para ejercer su efecto, este producto tiene buena persistencia en campo. Huerta-Pérez *et al*. (2017) encontraron que spirodiclofen mostró reducción en la densidad en *T. urticae* durante cuatro semanas después de la aplicación.

Fenpiroximato es otro de los acaricidas que en el presente estudio tuvo alta efectividad, ya que causó mortalidad del 100% en laboratorio, y de igual manera en campo redujo la densidad poblacional de adultos y ninfas de *Oligonychus* sp. La efectividad de este producto en el género *Oligonychus* se ha reportado en otros estudios. Aswin *et al*. (2015) reportó que este acaricida causa mortalidad de 80% en *Oligonychus oryzae*. Recientemente, Lemus-soriano y Pérez-Aguilar (2016) encontraron que fenpiroximato presentó efectividad de 95% sobre *Oligonychus punicae*. Incluso, este producto ha sido altamente efectivo en otras especies de ácaros altamente dañinos, como *T. urticae*. Reddy *et al*. (2014) y Kumari *et al*. (2015) encontraron que fenpiroximato causa mortalidad del 100% en poblaciones de *T. urticae*, incluso a concentraciones de 5. 7 mg L.

La actividad ovicida de los acaricidas en el ensayo de laboratorio mostró que el etoxazole y spirodiclofen son agentes ovicidas potentes ya que ambos causaron mortalidad del 100% en huevos. Sin embargo, en el ensayo de campo se observó que abamectina y spirodiclofen tuvieron mejor desempeño en mantener bajas las densidades de huevos. Cabe resaltar el efecto ovicida del etoxazole. Este producto es un acaricida que ejerce su efecto a través de la inhibición de la síntesis de quitina, por lo cual se esperaba que actuara sobre huevos o incluso sobre inmaduros. Dekeyser (2005) y Ochiai *et al*. (2007) mencionan que etoxazol es altamente efectivo para controlar huevos en varias especies de ácaros fitófagos. Así mismo, se ha atribuido efectos ovicidas del spirodiclofen, como lo documentaron recientemente Montoya *et al*. (2017) en evaluaciones de laboratorio, donde observaron 99.7% de mortalidad de huevos de *T. urticae*. Así también Huerta-Pérez *et al*. (2017) encontró que spirodiclofen redujo la densidad en huevos de *T. urticae* desde los días 7 hasta el 28 después de la aplicación. Estos datos concuerdan con lo que se observó en el presente estudio.

Cabe mencionar que la actividad ovicida de abamectina en los ensayos de laboratorio no fue sobresaliente. Sin embargo, en la prueba de campo abamectina redujo la densidad de huevos los primeros días después de la aplicación y hasta el día 7. A partir de entonces se observó aumento permanente al paso de las evaluaciones. En este sentido, Hoy (2011) menciona que abamectina no es un producto típico tóxico para huevos, pero si es eficiente para los estados móviles.

En el ensayo de toxicidad de los acaricidas sobre los ácaros depredadores *Neoseiulus californicus* y *Phytoseiulus persimilis* se observó que abamectina, spirodiclofen y fenpiroximato causaron 100 % de mortalidad a las 48 horas después de la aplicación. Abamectina tiene efectos letales en artrópodos debido a su acción neurotóxica. Bostanian y Akalach (2006) y Duso *et al*. (2008) observaron que abamectina causa mortalidad de 100% sobre *P. persimilis*. Por su parte, Kaplan *et al*. (2012) y Assis *et al*. (2018) documentaron que abamectina causa 100% de mortalidad sobre *N. californicus*. En el presente estudio se observó que spirodiclofen también tuvo alta toxicidad en ambas especies de depredadores. Este resultado no coincide con lo reportado por Kaplan *et al*. (2012) quienes mencionan que spirodiclofen causa una 47.6 % de mortalidad en *N. californicus*. Duchovskiene *et al*. (2009) mencionan que spirodilofen fue ligeramente tóxico (66 % de mortalidad) en *P. persimilis*. Raudonis (2006) reporta que spirodiclofen causó 16 % de mortalidad en *Amblyseius andersoni*. Estos estudios pudieron haber usado concentraciones más bajas que la que se usó en el presente trabajo. Existen otros reportes donde han documentado efectos subletales de spirodiclofen en ácaros depredadores. Por ejemplo, Sarbaz *et al*. (2017) y Maroufpoor *et al*. (2016) reportan que spirodiclofen afecta significativamente parámetros de crecimiento poblacional, como longevidad, periodo de oviposición y fecundidad media en *N. californicus*.

De igual manera, fenpiroximato causó una mortalidad del 100% sobre *N. californicus* y *P. persimilis*. Resultados similares fueron observados por Irigaray *et al*. (2006), quienes reportaron que fenpiroximato causó 100 % de mortalidad en *P. persimilis*. Otros autores han documentado menor actividad tóxica, en el rango de 80 a 90 % de mortalidad en *P. persimilis* y *N. californicus* (Nadimi *et al*., 2017; Souza-Pimentel *et al*., 2014).

## 2.6 Conclusiones

La evaluación de acaricidas químicos y biorracionales en *Oligonychus* sp. mostró que, en pruebas de laboratorio, abamectina, spirodiclofen y fenpiroximato causaron 100 % de mortalidad en adultos y ninfas. En ensayos con huevos, etoxazol y spirodiclofen causaron 100 % de mortalidad. En evaluaciones de campo, abamectina, spirodiclofen y fenpiroximato disminuyeron significativamente la densidad poblacional de adultos, ninfas y huevos en las hojas de papaya. También se encontró en pruebas de laboratorio que abamectina, spirodiclofen y fenpiroximato fueron altamente tóxicos para los ácaros depredadores *P. persimilis* y *N. californicus*.

## 2.7 Literatura citada


Assis P. O. C., G. C. M. Gondim Jr., A. A. H. Siqueira. 2018. Synergism to acaricides in resistant *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae), a predator of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). Crop Proteccion. 106: 139-145.

Abato-Zárate, M., J. A. Villanueva-Jiménez, G. Otero-Colina, C. Ávila-Reséndiz, E. Hernández-Castro, and N. Reyes- Pérez. 2012. Biological efficacy and selectivity of acaricides in papaya (*Carica papaya* L.). Tropical and Subtropical Agroecosystems 15(2):118-125.

Barber, A., C. A. M. Campbell., H. Crane., R. Lilley, and E. Tregidga. 2010. Biocontrol of twospotted spider mite *Tetranychus urticae* on dwarf hops by the phytoseiid mites *Phytoseiulus persimilis* and *Neoseiulus californicus*. Biocontrol Science and Technology 13(3): 275-284.

Bostanian, N. J., and M. Akalach. 2006. The effect of indoxacarb and five other insecticides on *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae), *Amblyseius fallacis* (Acari: Phytoseiidae) and nymphs of *Orius insidiosus* (Hemiptera: Anthocoridae). Pest Manag. Sci. 62, 334–339.

Bustillo, P. 2008. Los insectos y su manejo en la caficultura colombiana. Los insectos y su manejo en la caficultura colombiana, Edition: 1st, Chapter: Sección 1 Generalidades sobre los insectos, Publisher: Blanecolor Ltda, pp.14-92 Cenicafé. Chinchiná, Colombia.

Cheri., M. A., S. K. Braman, R. D. Oetting, and N. C. Hinkle. 2012. Pesticide Compatibility with Natural Enemies for Pest Management in Greenhouse Gerbera Daisies. BioOne. Journal of Economic Entomology. 106(4): 1590-1601.

Cloyd, R. A., C. L. Galle, S. R. Keith, and K. E. Kemp. 2009. Evaluation of persistence of selected miticides against the twospotted spider mite, *Tetranychus urticae*. *HortScience*, 44: 476−480.

Dekeyser, M. A. 2005. Acaricide mode of action. Pest Management Science. 61(2):103-110.

De la Torre, S. P. E. 2005. Colectas acarológicas de ciudad de la Habana registrada por la sanidad vegetal. Fitosanidad. 9(1): 3-8.

Duchovskiene, l., L. Rudonis, R. Karkleliene, &R. Starkute. 2009. Toxicity to predatory mite Phytoseiulus persimilis in cucumber. Sodininkyste ir Darzininkyste. 28: 41-46.

Duso, C., V. Malagnini, A. Pozzebon, F. M. Buzzetti, & P. Tirello. 2008. A method to assess the effects of pesticides on the predatory mite *Phytoseiulus persimilis* (Acari Phytoseiidae) in the laboratory. Biocontrol Science and Technology. 18:1027-1040.

Esteves, F. A. B., J. V. De Olivera, E. M. G. C. J. Gondim. 2008. Toxicidade de Acaricidas sobre Diferentes Estágios de Vida de *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) em Mamoeiro. BioAssay 3:6.

Freitas, A., R. Oliveira, P. Nabity, L. Higley, and O. Fernandes. 2009. Photosynthetic response of soybean to twospotted spider mite (Acari Tetranychydae) injury. Brazilian Archives of Biology and Technology 52(4): 825 834.

Gerson, U. 2014. Pest control by mites (Acari): present and future. Acarologia 54:371–394.

Hamedi, N., Y. Fathipour, and M. Saber. 2011. Sublethal effects of abamectin on the biological performance of the predatory mite, *Phytoseius plumifer* (Acari: Phytoseiidae). Expimental Applied. Acarology. 53, 29–40.

Hoy, M. A. 2011. Chapter 5. The strategy of Integrated Mite Management. In: Agricultural Acarology: Introduction to Integrated Mite Management. CRC Press. p. 47-82.

Huerta-Pérez, J., J. F. Solís-Aguilar, M. A. Tejeda-Reyes, S. Ramírez-Alarcón, J. Luna-García, L. Alonso-Hernández y J. F. Díaz-Nájera. 2017. Efectividad de acaricidas para el control de araña roja en rosa en Chiautzingo, Puebla. Entomología Mexicana. 4: 358-362.

Ishaaya, I., A. Barazani, S. Kontsedalov, and R. Horowitz. 2007. Insecticides with novel modes of action: Mechanism, selectivity and cross-resistance. Entomological Research. 37:148-152.

Łabanowska, B. H., W. Piotrowski, M. Korzeniowki, and A. G. S. Cuthbertson. 2015. Control of the strawberry mite, *Phytonemus pallidus* (Banks) in strawberry plantations by alternative acaricides. Crop Protection. 78: 5-14.

Ghoshal, S., S. Barman, A. Mitra, and M. Saha. 2010. Fluctuation of population and role of feeding on papaya (*Carica papaya*) ider by the spider mite *Oligonychus indicus* (hirst). NBU J. Anim. Sc. 4: 16-21.

Kaplan, P., S. Yorulmaz, R. Ay. 2012. Toxicity of insecticides and acaricides to the predatory mite *Neoseiulus californicus* (McGregor) (Acari: Phytoseiidae). Int. J. Acarol. 38, 699–705.

Kim, S. S. and Yoo, S. S. 2002. Comparative toxicity of some acaricides to the predatory mite, *Phytoseiulus persimilis* and the twospotted spider mite, *Tetranychus urticae*. BioControl 47:563-573.

Kumari, S., U. Chauhan, A. Kumari, and G. Nadda. 2017. Comparative toxicities of novel and conventional acaricides against different stages of *Tetranychus urticae* Koch (Acarina: Tetranychidae). Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences. 16:191-196.

Lagziri., M. and El Amrani. 2009. Effect of a microbial-based acaricidal product on spotted and predatory spider mites. African Crop Science Journal. 17:119-123.

Lomelí-Flores, J. R., G. Rodríguez-Leyva, G. Otero-Colima, G. Mora-Aguilera, y F. Esquivel-Chávez. 2008. Primer reporte de *Tetranychus merganser* (Acari: Tetraychidae) sobre *Opuntia ficus-indica* L. en Tlalnepantla, Morelos. En: Estrada V., E. G., A. Equihua, JR Padilla y A Mendoza (eds.). Entomología Mexicana 7:21-25.

López-Bautista, E., Ma. T. Santillán-Galicia, J. Suárez-Espinosa, N. Cruz-Huerta, N. Bautista-Martínez, and J. A. Alcántara-Jiménez. 2016. Damage caused by mite *Tetranychus merganser* (Trombidiformes: Tetranychidae) on *Carica papaya* (Violales: Caricaceae) plants and effect of two species of predatory mite. International Journal of Acarology. 1-7.

Lemus-Soriano, B. A. y Pérez-Aguilar, D. A. 2016. CONTROL QUÍMICO DEL ÁCARO CAFÉ DEL AGUACATE Oligonychus punicae (Hirst, 1926) (ACARI: TETRANYCHIDAE). Entomología Mexicana. 3: 349- 353.

Nadimi, A., K. Kamali., M. Masoud, and F. Abdoli. 2011. Study on persistence tests of miticides abamectin and fenproximate to predatory mite *Phytoseiulus persimilis* (Acarina: Phytoseiidae). African Journal of Agricultural Research. 6(2): 338-342.

Maroufpoor, M., Y. Ghoosta., A. A. Pourmirza, and H. Lotfalizadeh. 2016. The effects of selected acaricides on life table parameters of the predatory mite, *Neoseiulus californicus*, fed on European red mite. North-Western Journal of Zoology. 12(1):1-6.

Marcic, D., I. Ogurlic, S. Mutavdzic, P. Peric P. 2010. The effects of spiromesifen on life history traits and population growth of two-spotted spider mite (Acari: Tetranychidae). Experimental and Applied Acarology. 50(3):255–267.

Monteiro, V. B., M. G. C. Gondim Jr, J E. M. Oliveira, J. E. M.; Siqueira H. A. A.; Sousa, J. M. 2015. Monitoring *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) resistance to abamectin in vineyards in the Lower Middle Sao Francisco Valley. Crop Protection 69: 90-96.

Moraes, G. and W. Flechtmann. 2008. Manual de Acarología. Acarología básica e acaras de plantas cultivadas no Brasil. Holos Editora.

Montoya, A., G. Galano-Flores., H. Rodríguez., A.A. Fanco., O.Z. Zardi., P.T. Yamamoto. 2017. Toxicity of acaricides on *Tetranychus urticae* (Koch) in the laboratory. Revista Protección Vegetal. 32: 60-67.

Ouyang, Y., G. H. Montez, L. Liu, E. E. Grafton-Cardwell. 2011. Spirodiclofen and spirotetramat bioassays for monitoring resistance in citrus redmite, *Panonychus citri* (Acari: Tetranychidae). Pest Management Science. 68:781-787.

Ochiai, N., M. Mizuno., N. Mimori., T. Miyake., M. Dekeyser., L. J. Canlas., M. Takeda. 2007. Toxicity of bifenazate and its principal active metabolite, diazene, to *Tetranychus urticae* and *Panonychus citri* and their relative toxicity to the predaceous mites, *Phytoseiulus persimilis* and *Neoseiulus californicus*. Experimental Applied Acarology. 43: 181-197.

Palevsky, E., S. Maoz, Y. Gal, M. Argov, M. Berkeley, M. Zilberstein, Y. Noy, J. Izhar, and M. Coll. 2007. Potenciales depredadores nativos y exóticos para el control biológico de la reciente introducción del ácaro de la palta, *Oligonychus perseae* en huertos de palto en Israel. p. 49. In VI Congreso Mundial de la Palta, Viña del Mar, Chile. Comité de Paltas y Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Viña del Mar, Chile.

Ramos-Gutiérrez F. A., C. Santilla-Ortega, A. Robles-Bermúdez, N. Isiordia-Aquino, M. García-López, R. J. Flores-Canales, M. S. González-Corona. 2014. Susceptibilidad de acaricidas en *Oligonychus perseae* provenientes de huertos de aguacate en Nayarit, México. Revista Bio Ciencias 3: 220-227.

Raudonis, L. 2006. Comparative toxicity of spirodiclofen and lambdacihalotrin to *Tetranychus urticae*, *Tarsonemus pallidus* and predatory mite *Amblyseius andersoni* in a Strawberry site under field conditions. Agronomy Research. 4:317-322.

Reddall, A., V. O. Sadras, L. J. Wilson, and P. Gregg. 2004. Physiological responses of cotton to two-spotted spider mite damage. Crop Science 44: 835-846.

Reddy, S. G. E., C. Urvashi, K. Sapana, N. Gireesh, and M. K. Singh. 2014. Comparative bioefficacy of acaricides against two spotted spider mite, *Tetranychus urticae* (Koch) on *Chrysanthemum* in Polyhouse. Int. J. Res. Chem. Environ., 4 (4): 15-19.

Reyes-Bello, J. C., N. C. Mesa-Cobo. 2011. Biology of *Oligonychus yothersi* (McGregor) (Acari: Tetranychidae) on avocado *Persea americana* Mill. cv. Lorena (Lauraceae). Zoología. 33: 211-220.

Reyes-Pérez, N., J. A. Villanueva-Jiménez, M. C. Vargas-Mendoza, H. Cabrera-Mendoza, G Otero-Colima. 2013. Parámetros poblacionales de *Tetranychus merganser* Boudeaux (Acari: Tetranychidae) en papayo (*C. papaya* L.) a diferentes temperaturas. México. Agrociencia 47:147-157.

Rencüzogullari, E., H. I. Basri, A. Kayraldiz., M. Arslan., S. D. Budak, and M. Topaktas. 2004. The genotoxic effect of the new acaricide etoxazole. Russian Journal of Genetics. 40(11): 1300-1304.

Rodríguez. C. J., H. Y. Díaz, G. A. Pérez, C. Z. Natali, y H. P. Rodríguez. 2014. Evaluación de la calidad y el rendimiento en papaya silvestre (*Carica papaya* L.) de Cuba. Cultivos Tropicales 35(3):36-44.

Saenz-de-Cabezon, I. F. J., F. G. Zalom, and P. B. Thompson. 2006. Residual toxicity of acaricides to *Galendromus occidentalis* and *Phytoseiulus persimilis* reproductive potential. Biological Control. 40: 153-159.

Saenz-de-Cabezon, I F.J. & F. G. Zalom. 2007. Selectivity of acaricide exposure on Galendromus occidentalis reproductivr potencial. Biocontrol Science and Technology. 17(5):541-546.

Sarbaz, S., S. Goldasteh, A. A. Zamani, E. Solymannejadiyan, and A.V. Shoushtari. 2017. Side effects of spiromesifen and spirodiclofen on life table parameters of the predatory mite, *Neoseiulus californicus* McGregor (Acari: Phytoseiidae). International Journal Acarology. 1-7.

Sato, M. E., M, Silvada, A. Raga, and M. F. Souza De. 2005. Abamectin resistance in *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae): selection, cross-resistance and stability of resistance. Brasil. Neotropical Entomol. 34(6): 991-998.

Souza-Pimentel, G. C., P. R. Reis, E. C. Da Silverira, P. P. Marafeli, E. A. Silva, and H. B. De Andrade. 2014. Biological control of *Tetranychus urticae* (Tetranychidae) on rosebushes using *Neoseiulus californicus* (Phytoseiidae) and agrochemical selectivity Revista Colombiana de Entomología. 40(1): 80-84.

Tirello, P., A. Pozzebon, C. Duso. 2013. The effect of insecticides on the non-target predatory mite *Kampimodromus aberrans*: Laboratory studies. Chemosphere. 93: 1139-1144.

Ullah, M. S., D. Moriya, D. Kongchuensin, P. Konvipasruang, and T. Gotoh. 2011. Comparative toxicity of acaricides to *Tetranychus merganser* Boudreaux and *Tetranychus kanzawai* Kishida (Acari: Tetranychidae) International Journal of Acarology 37:535–543.

Ullah, M. S, D. Morilla, M.H Badii, G. Nachman, and G. T Gotoh. 2010. A comparative study of development and demographic parameters of *Tetranychus merganser* and *Tetranychus kanzawai* (Acari: Tetranychidae) at different temperatures. Experimental and Applied Acarology 54(1): 1-19.

Uddin., N., Z Alam, U. R. Miah, M. I. Hossain, and K. E-Mustarin. 2015. Toxicity of pesticides to *Tetranychus urticae* koch (Acari: Tetranychidae) and their side effects on *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae).

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). Bulletin of Entomological Research. 99:23–31.

Valencia-Domínguez, H. M., G. Otero-Colina, M. T. Santillán-Galicia, E. Hernández-Castro. 2011. Acarofauna en papaya var. Maradol (*Carica papaya* L.) en el estado de Yucatán, México. Entomotropica 26(1):17-30.

Wang, L., Y. Zhang, W. Xie, Q. Wu, and S. Wang. 2016. Sublethal effects of spinetoram on the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). Pesticide Biochemistry and Physiology. 1-6.

Zhang, Z. Q. 2003. Mites of greenhouses. Identification, biology and control. CABI Publishing. (Eds.), 235 p.