



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



**TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO**

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

Instituto Tecnológico El Llano Aguascalientes
Instituto Tecnológico de Tlajomulco
Programa Multisede

Tesis Doctoral

DIVERSIDAD DE ÁCAROS Y ARVENSES ASOCIADAS AL CULTIVO DE AGUACATE Y PROPUESTA DE UN PROGRAMA DE MANEJO DE BAJO IMPACTO AMBIENTAL

Que para Obtener el Grado de
**Doctor en Ciencias en Biotecnología en Procesos
Agropecuarios**

Presenta:
CECILIO CASTAÑEDA CABRERA

Director de Tesis:
Dr. Catarino Perales Segovia

El Llano, Aguascalientes, México. Octubre 10, 2023





DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

DICTAMEN DE TESIS APROBADA

El Llano, Aguascalientes. **04/septiembre/2023**

El Comité de Tesis del Candidato a grado **C. CECILIO CASTAÑEDA CABRERA**, aprobado por el Claustro Doctoral de la División de Estudios de Posgrado e Investigación del Instituto Tecnológico El Llano Aguascalientes e Instituto Tecnológico de Tlajomulco; integrado por los **C. DR. CATARINO PERALES SEGOVIA, DR. HÉCTOR SILOS ESPINO, DR. ALBERTO MARGARITO GARCÍA MUNGUÍA, DR. MARIO ALBERTO MIRANDA SALCEDO y DRA. IRMA GUADALUPE LÓPEZ MURAIRA**, habiéndose reunido a fin de evaluar el trabajo final de la tesis titulada: **"Diversidad de ácaros y arvenses asociados al cultivo de aguacate y propuesta de un programa de manejo de bajo impacto ambiental"**, que presenta como requisito parcial para obtener el Grado de Doctor en Ciencias en Biotecnología en Procesos Agropecuarios, según lo establecen los Lineamientos para la Operación de los Estudios de Posgrado del TecNM, y de acuerdo a las Bases para la Elaboración de Tesis de Posgrado, dictaminaron su **APROBACIÓN** para que pueda ser presentada en el Examen de Grado correspondiente.

ATENTAMENTE

Excelencia en Educación Tecnológica®
Terra Rica, Sapientia Nostra, Homo Superior Est

DR. CATARINO PERALES SEGOVIA
DIRECTOR DE TESIS

DR. HÉCTOR SILOS ESPINO
ASESOR

DR. ALBERTO MARGARITO GARCÍA MUNGUÍA
ASESOR

DR. MARIO ALBERTO MIRANDA SALCEDO
ASESOR

DRA. IRMA GUADALUPE LÓPEZ MURAIRA
ASESORA

C.c.p.- Claustro Doctoral de la DEPI.
C.c.p.- Archivo



Km. 18 Carretera Ags. - S.L.P., El Llano Aguascalientes, C.P. 20330 Tel. (449) 962 - 11 - 00 ext.
212 e-mail: depi_llano@tecnm.mx tecnm.mx | llano.tecnm.mx



2023
FRA
Francisco
VILLA

El Llano, Aguascalientes, a 21 agosto de 2023

CARTA DE CESIÓN DE DERECHOS

En la Ciudad de El Llano, Aguascalientes el día 21 del mes de agosto del año 2023, el que suscribe, C. Cecilio Castañeda Cabrera, alumno del Programa de Doctorado en Ciencias en Biotecnología en Procesos Agropecuarios con número de control D19900001, adscrito al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico El Llano Aguascalientes, manifiesta ser autor del presente trabajo de Tesis bajo la dirección del Dr. Catarino Perales Segovia y cede los derechos del trabajo intitulado " **DIVERSIDAD DE ÁCAROS Y ARVENSES ASOCIADAS AL CULTIVO DE AGUACATE Y PROPUESTA DE UN PROGRAMA DE MANEJO DE BAJO IMPACTO AMBIENTAL**" y de patentes y beneficios que puedan originarse del presente, al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico El Llano Aguascalientes.

ATENTAMENTE



MC. Cecilio Castañeda Cabrera

AGRADECIMIENTOS

Agradezco, ante todo, a Dios por haberme permitido concluir esta etapa de mi vida profesional con éxito.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca otorgada durante mis estudios de posgrado. Al Posgrado en Biotecnología en Procesos Agropecuarios por la formación académica brindada.

Al Instituto Tecnológico de El Llano de Aguascalientes, por haberme abierto sus puertas para realizar este posgrado.

Al Dr. Catarino Perales Segovia por darme la oportunidad de integrarme a su equipo de trabajo, por su apoyo, enseñanzas, amistad y paciencia al guiarme en esta etapa de mi formación profesional.

A todos mis asesores, el Dr. Alberto Margarito García Munguía, al Dr. Mario Alberto Miranda Salcedo, a la Dra. Irma Guadalupe López Muraira y al Dr. Héctor Silos Espino.

A la Dra. Irene Vitela Mendoza, por su amistad y consejos tan acertados.

A mi esposa Patricia, a mis hijos Eduardo, Daniel Cecilio y Alejandra, por brindarme su apoyo y comprensión.

A mi madre Delfina y padre Cecilio (†), por haberme dado la vida.

A toda mi familia, Celestino, Pedro, Bertha, Gerardo, Jorge, a todos mis sobrinos, y muy especial a mi hermana Eva (†) que, aunque ya no está con nosotros, agradezco todo su apoyo durante mi vida profesional.

Por último, no por ello menos importante, un agradecimiento muy especial a la Familia García Munguía, al Dr. Alberto Margarito, Dr. Carlos Alberto, a la Dra. Argelia y al Dr. Otilio.

DEDICATORIAS

Dedico esta tesis Doctoral a mi familia, mis hijos Eduardo, Daniel Cecilio, Alejandra y a mi querida esposa Patricia porque Ustedes han sido pilar crucial de este logro, y por ser mi vida misma. Gracias por ser mi familia, por su cariño y apoyo.

RESUMEN

Los ácaros son plagas económicamente importantes del aguacate (*Persea americana* Mill.) en México. La resistencia ha reducido la eficacia de los acaricidas de amplio espectro utilizados para controlar esta plaga en condiciones de campo. La identificación de alternativas confiables y más respetuosas con el medio ambiente es crucial para reducir el uso de plaguicidas sintéticos en la agricultura. Los objetivos de este estudio fueron, identificar las especies de ácaros fitófagos y depredadores, arvenses con efecto acaricida, así como determinar su eficacia en el control de ácaros fitófagos en aguacate. Diez extractos etanólicos de arvenses fueron evaluados. Se identificaron dos especies de ácaros fitófagos y dos de depredadores, *Oligonychus punicae* Hirst (Acari: Tetranychidae), *Oligonychus perseae* Tuttle, Baker y Abbatiello, 1976 (Acari: Tetranychidae), *Neoseiulus californicus* McGregor (Acari: Phytoseiidae) y *Amblyseius swirskii* Chant (Acari: Phytoseiidae) respectivamente. Diez arvenses reportadas con efecto acaricida fueron identificadas: *Petiveria alliacea* L. (Phytolaccaceae), *Reseda luteola* L. (Resedaceae), *Isocoma hartwegii* (A. Gray) Greene (Asteraceae), *Argemone mexicana* L. (Papaveraceae), *Solanum elaeagnifolium* L. (Solanaceae), *Verbena noemexicana* (A.Gray) Small (Verbenaceae), *Verbesina encelioides* (Cav.) Benth. & Gancho. F. ex A. Gray (Asteraceae), *Salvia rosmarinus* Spenn (Lamiaceae), *Zingiber officinale* Roscoe (Zingiberaceae), *Nicotiana glauca* Graham (Solanaceae). Se realizaron experimentos *in vitro* y de campo. Los extractos etanólicos más efectivo contra *O. perseae* en condiciones *in vitro* fueron *P. alliacea* e *I. hartwegii*. En condiciones de campo, los extractos etanólicos de arvenses de *P. alliacea*, *A. mexicana* y *Z. officinale* fueron más efectivos contra *O. perseae*. y para *O. punicae* fueron *P. alliacea*, *Z. officinale*, *R. luteola*, *V. noemexicana* a las 168 horas después de aplicados los tratamientos. Los extractos de *S. rosmarinus*, *N. glauca*, *I. hartwegii* no mostraron ningún efecto contra *O. punicae* en condiciones de campo. Dos productos comerciales, uno derivado de *Azadirachta indica* (Azadirect) y otro de chile + ajo (CapsiAlil) tuvieron muy buena eficacia en condiciones *in vitro* y campo.

ABSTRACT

Mites are economically important pests of avocado (*Persea americana* Mill.) in Mexico. Resistance has reduced the efficacy of broad-spectrum miticides used to control these pests. Identification of reliable and more environmentally friendly alternatives is crucial for reduction of pesticide use in agriculture. The objectives of this research were: identifying phytophagous and predatory mites, wild plants with miticide effect and their effect against phytophagous mites. Ten ethanolic wild plant extracts were evaluated. Two phytophagous and two predatory mites were identified; *Oligonychus punicae* (Hirst) (Acari: Tetranychidae), *Oligonychus perseae* (Tuttle, Baker y Abbatiello, 1976) (Acari: Tetranychidae), *Neoseiulus californicus* (McGregor, 1954) (Acari: Phytoseiidae) and *Amblyseius swirskii* Chant (Acari: Phytoseiidae) respectively. Ten wild plants reported with miticide effect were identified: *Petiveria alliacea* L. (Phytolaccaceae), *Reseda luteola* L. (Resedaceae), *Isocoma hartwegii* (A. Gray) Greene (Asteraceae), *Argemone mexicana* L. (Papaveraceae), *Solanum elaeagnifolium* L. (Solanaceae), *Verbena noemexicana* (A. Gray) Small (Verbenaceae), *Verbesina encelioides* (Cav.) Benth. & Hook. f. ex A. Gray (Asteraceae), *Salvia rosmarinus* Spenn (Lamiaceae), *Zingiber officinale* Roscoe (Zingiberaceae), *Nicotiana glauca* Graham (Solanaceae). *In vitro* and field experiments were carried out. *In vitro* *P. alliacea* and *I. hartwegii* were the most effective ethanolic plant extracts against *O. perseae*. In field conditions, *P. alliacea*, *A. mexicana* and *Z. officinale* were the most effective ethanolic wild plant extracts against *O. perseae* and *P. alliacea*, *Z. officinale*, *R. luteola*, *V. neomexicana* for *O. punicae* by 168 hours. *S. rosmarinus*, *N. glauca*, *I. hartwegii* no effect was observed against *O. punicae* at field conditions. Two commercial products, one derived from *Azadirachta indica* extract (Azadirect®) and combination of pepper + garlic (CapsiAlil®) extracts had good efficacy at *in vitro* and field conditions.

ÍNDICE GENERAL

	Página
RESUMEN	vi
ABSTRACT	vii
I INTRODUCCIÓN	1
II REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1 Importancia del cultivo de aguacate (<i>Persea americana</i> Mill.)	4
2.2 Superficie y producción mundial y nacional	4
2.3 Factores fitosanitarios que afectan la producción de aguacate	5
2.3.1 Plagas	5
2.3.1.1 Insectos	5
2.3.1.1.1 Trips	5
2.3.1.1.2 Barrenador de ramas y tronco del aguacate	6
2.3.1.1.3 Escamas armadas	6
2.3.1.2 Ácaros	6
2.3.1.2.1 Ácaros fitófagos en aguacate	8
2.3.1.2.1.1 <i>Oligonychus punicae</i>	8
2.3.1.2.1.2 <i>Oligonychus perseae</i>	9
2.3.2 Enfermedades	10
2.3.3 Plantas arvenses	10
2.3.3.1 Arvenses asociadas al aguacate	11
2.4 Métodos de manejo de los ácaros fitófagos en aguacate	13
2.4.1 Control biológico	13
2.4.1.1 Insectos depredadores	14
2.4.1.2 Ácaros depredadores	14
2.4.1.3 Microorganismos patógenos de ácaros	17
2.4.2 Los infoquímicos y el manejo de plagas	17
2.4.3 Extractos vegetales	19
2.4.3.1 Elaboración de extractos vegetales	21
2.4.4 Control químico	22
III JUSTIFICACIÓN	24
IV OBJETIVOS	26

4.1	Objetivo General	26
4.1.1	Objetivos Específicos	26
V	HIPÓTESIS	27
VI	MATERIALES Y MÉTODOS	28
6.1	Ubicación de los sitios de estudio	28
6.2	Diversidad de artrópodos y arvenses asociados al cultivo de aguacate	28
6.2.1	Colecta de especímenes e identificación de ácaros	28
6.2.1.1	Colecta en Uruapan, Michoacán y La Labor, Calvillo, Aguascalientes	29
6.2.1.1.1	Identificación de ácaros	29
6.2.2	Colecta de especímenes e identificación de arvenses	30
6.2.2.1	Identificación de arvenses	31
6.3	Evaluación de extractos etanólicos de arvenses y extractos vegetales comerciales en el control de ácaros fitófagos en el cultivo de aguacate	31
6.3.1	Elaboración de extractos vegetales	32
6.3.2	Cría de ácaros fitófagos	32
6.3.2.1	Cría de ácaros fitófagos en plantas de aguacate	32
6.3.2.2	Cría de ácaros fitófagos en plantas de frijol	33
6.3.3	Experimentos de laboratorio	33
6.3.3.1	Bioensayo de laboratorio 1	33
6.3.3.2	Bioensayo de laboratorio 2	35
6.4	Evaluación en campo de extractos etanólicos de arvenses y extractos vegetales comerciales para el manejo de ácaros plaga en aguacate	36
6.4.1	Experimento de campo en Uruapan, Michoacán	36
6.4.2	Experimento de campo en Atenquique, Jalisco	38
VII	RESULTADOS y DISCUSIÓN	40
7.1	Determinación de la diversidad de artrópodos y arvenses asociadas al cultivo de aguacate en dos zonas productoras de México	40
7.1.1	Resultados de la diversidad de artrópodos	40
7.1.2	Resultados de la diversidad de arvenses	41
7.2	Resultados de la evaluación en laboratorio de extractos vegetales comerciales y extractos etanólicos de arvenses en el control de ácaros fitófagos en el cultivo de aguacate	44
7.2.1	Resultados de la cría de ácaros fitófagos	44
7.2.1.1	Resultados de la cría de ácaros fitófagos en plantas de aguacate	44
7.2.1.2	Resultados cría de ácaros fitófagos en plantas de frijol	44
7.2.2	Resultados de bioensayo de laboratorio 1	44
7.2.3	Resultados de bioensayo de laboratorio 2	45

7.3	Resultados de la evaluación en campo de extractos vegetales comerciales y extractos etanólicos de arvenses en el control de ácaros fitófagos en el cultivo de aguacate	47
7.3.1	Resultados del experimento de campo en Uruapan, Michoacán	47
7.3.1.1	Resultados del control de <i>Oligonychus perseae</i>	47
7.3.1.2	Resultados del control de <i>Oligonychus punicae</i>	49
7.3.2	Resultados del experimento de campo en Atenquique, Jalisco, 2021	52
7.3.2.1	Resultados del control de <i>Oligonychus punicae</i>	53
7.3.2.2	Resultados del control de <i>Oligonychus perseae</i>	57
7.3.3	Efecto de extractos vegetales comerciales y extractos etanólicos de arvenses sobre el comportamiento de ácaros depredadores	61
VIII	PROPUESTA DE MANEJO DE ÁCAROS EN AGUACATE CON ALTERNATIVAS DE BAJO IMPACTO AMBIENTAL	64
IX	CONCLUSIONES	66
X	LITERATURA CITADA	67
XI	ANEXO I	81

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Arvenses más importantes del mundo	11
2	Arvenses con propiedades bioinsecticidas	12
3	Principales arvenses en aguacate en México	13
4	Tratamientos evaluados en bioensayo de laboratorio 1 con extractos etanólicos de arvenses y extractos vegetales comerciales en el control del ácaro cristalino del aguacate (<i>Oligonychus perseae</i>)	34
5	Tratamientos evaluados en bioensayo de laboratorio 2 con extractos etanólicos de arvenses y extractos vegetales comerciales en el control del ácaro cristalino del aguacate (<i>Oligonychus perseae</i>)	35
6	Extractos vegetales comerciales evaluados en el ensayo de campo 1 para el control del ácaro cristalino (<i>Oligonychus perseae</i>) y café (<i>Oligonychus punicae</i>) en aguacate, Uruapan, Michoacán	37
7	Extractos etanólicos de arvenses y comerciales evaluados en el ensayo de campo 2 para el control del ácaro cristalino (<i>Oligonychus perseae</i>) y ácaro café (<i>Oligonychus punicae</i>) en aguacate, Atenquique, Jalisco	38
8	Arvenses presentes en lote experimental ubicado en la localidad de La Labor, Calvillo, Aguascalientes, México, 2019	42
9	Arvenses presentes en lote experimental ubicado en la localidad de Cd. Guzmán, Jalisco, México, 2020	43
10	Otras arvenses encontradas y colectadas asociadas al cultivo de aguacate	43
11	Separación de medias para la variable número de ácaros muertos de <i>Oligonychus perseae</i> en bioensayo de laboratorio 1 para la evaluación de extractos etanólicos de arvenses y extractos vegetales comerciales, La Labor, Calvillo, Aguascalientes, 2019	45
12	Separación de medias para la variable número de ácaros muertos de <i>Oligonychus perseae</i> en bioensayo de laboratorio 2 para la evaluación de extractos etanólicos de arvenses y extractos vegetales comerciales, La Labor, Calvillo, Aguascalientes, 2019	46
13	Efecto de los extractos vegetales comerciales sobre la infestación de ninfas de <i>Oligonychus perseae</i> en el cultivo de aguacate	48
14	Efecto de los extractos vegetales comerciales sobre la infestación de adultos de <i>Oligonychus perseae</i> en el cultivo de aguacate	48

15	Efecto de los extractos vegetales comerciales sobre la infestación de ninfas de <i>Oligonychus punicae</i> en el cultivo de aguacate	50
16	Efecto de los extractos vegetales comerciales sobre la infestación de adultos de <i>Oligonychus punicae</i> en el cultivo de aguacate	50
17	Infestación de ácaros móviles de <i>Oligonychus punicae</i> por hoja, en evaluación de extractos etanólicos de arvenses y extractos vegetales comerciales en plantación de aguacate Atenquique, Jalisco, 2021	54
18	Infestación de ácaros móviles de <i>Oligonychus punicae</i> por hoja en el estrato bajo de la planta, en evaluación de extractos etanólicos de arvenses y extractos vegetales comerciales en plantación de aguacate Atenquique, Jalisco, 2021	56
19	Infestación de ácaros móviles de <i>Oligonychus punicae</i> por hoja en el estrato alto de la planta, en evaluación de extractos etanólicos de arvenses y extractos vegetales comerciales en plantación de aguacate Atenquique, Jalisco, 2021	57
20	Infestación de ácaros móviles de <i>Oligonychus perseae</i> por hoja, en evaluación de extractos etanólicos de arvenses y extractos vegetales comerciales en plantación de aguacate, Atenquique, Jalisco, 2021	58
21	Infestación de ácaros móviles de <i>Oligonychus perseae</i> por hoja en el estrato bajo de la planta, en evaluación de extractos etanólicos de arvenses y extractos vegetales comerciales en plantación de aguacate, Atenquique, Jalisco, 2021	60
22	Infestación de ácaros móviles de <i>Oligonychus perseae</i> por hoja en el estrato alto de la planta, en evaluación de extractos etanólicos de arvenses y extractos vegetales comerciales en plantación de aguacate, Atenquique, Jalisco, 2021	61

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Hembra (izquierda) y macho (derecha) de <i>Oligonychus perseae</i> identificados en plantas de aguacate en la localidad de La Labor, Calvillo, Aguascalientes, México	40
2	Nidos de <i>Oligonychus perseae</i> identificados en el envés de las hojas (izquierda) y daños de <i>Oligonychus punicae</i> en el haz de la hoja en plantas de aguacate	41
3	Ácaro depredador (<i>Neoseiulus californicus</i>) localizado depredando <i>Oligonychus perseae</i> en huerta de aguacate en localidad de La Labor, Calvillo, Aguascalientes, México	41
4	Porcentaje de control de <i>Oligonychus perseae</i> a cinco fechas de evaluación en bioensayo de laboratorio para la evaluación de extractos etanólicos de arvenses y extractos vegetales comerciales, La Labor, Calvillo, Aguascalientes, 2019	47
5	Resultados de la reducción de la infestación de ninfas y adultos de <i>Oligonychus perseae</i> con extractos vegetales comerciales, 7 días después de la tercera aplicación en el cultivo de aguacate	49
6	Resultados de la reducción de la infestación de ninfas y adultos de <i>Oligonychus punicae</i> con extractos vegetales comerciales, 7 días después de la tercera aplicación en el cultivo de aguacate	51
7	Porcentaje de control Henderson-Tilton para la variable infestación de ácaros móviles de <i>Oligonychus punicae</i> por hoja, en evaluación de extractos etanólicos de arvenses y extractos vegetales comerciales en plantación de aguacate Atenquique, Jalisco, 2021	55
8	Porcentaje de control Henderson-Tilton para la variable Infestación de ácaros móviles de <i>Oligonychus perseae</i> por hoja, en evaluación de extractos etanólicos de arvenses y extractos vegetales comerciales en plantación de aguacate, Atenquique, Jalisco, 2021	59
9	Comportamiento de <i>Amblyseius swirskii</i> en el envés de la hoja en evaluación de extractos etanólicos de arvenses y extractos vegetales comerciales en plantación de aguacate, Atenquique, Jalisco, 2021	62
10	Comportamiento de <i>Neoseiulus californicus</i> en el envés de la hoja en evaluación de extractos etanólicos de arvenses y extractos vegetales comerciales en plantación de aguacate, Atenquique, Jalisco, 2021	63

I. INTRODUCCIÓN

La cuarta fruta tropical más importante del mundo, el aguacate (*Persea americana* Mill.) pertenece a la familia Lauraceae, siendo México su principal productor. El área sembrada fue de 231.028 ha en 2018 (SIAP, 2019), ubicándose en el cuarto lugar mundial en rendimiento (10,1 t/ha), después de República Dominicana (19,3 t/ha), Colombia (16,5 t/ha), Brasil (12,9 t/ha), Chile (10 t/ha) y Estados Unidos e Indonesia (9,8 t/ha), (FAOSTAT, 2018).

Al cierre agrícola de 2018, Michoacán fué el Estado que más aguacate produce en México con 166,512 ha, seguido de Jalisco con 22,534 ha, Estado de México con 9,978 ha, Nayarit con 7,059 ha, Morelos con 5,443 ha y en menor escala Chiapas, Durango, Guerrero, Puebla, Oaxaca y más recientemente Aguascalientes con 23 ha (SIAP, 2018).

Varios factores fitosanitarios afectan al cultivo, entre los que destacan una gran diversidad de insectos y ácaros plaga, estos varían dependiendo de la región productora, la variedad de circunstancias ecológicas, especies criollas y variedades mejoradas (Equihua-Martínez *et al.*, 2007). En últimos años los ácaros han cobrado una gran importancia debido al daño que causan, principalmente en las hojas, mostrando decoloración y debilitamiento, afectando en consecuencia la calidad y cantidad de la cosecha. En el Estado de Michoacán se reportan nueve familias de ácaros, de las cuales se destaca la familia Tetranychidae, que incluyen las especies fitófagas *Oligonychus punicae* Hirst (Acari: Tetranychidae) y *Oligonychus perseae* Tuttle, Baker y Abbatiello (Acari: Tetranychidae) comúnmente llamado araña roja y araña cristalina respectivamente; siendo la más importante y persistente en todas las zonas productoras de este fruto (Estrada-Venegas *et al.*, 2002; Peña y Wysoki, 2008).

Según Jeppson *et al.*, (1975), el ácaro *O. punicae* es una especie que se encuentra en América del Norte y del Sur, Europa y Asia. Se encuentra distribuido en varias partes de México, incluidos los estados de Puebla, Chiapas, Tamaulipas, Michoacán, Morelos, Jalisco, Nayarit y Guanajuato, donde se cultiva aguacate. Las manchas de color marrón rojizo causadas por tejidos necróticos se producen cuando

este ácaro se alimenta de la superficie superior de la hoja e inserta sus estiletes en los tejidos de la planta (Aponte y McMurtry, 1997a). La defoliación, el amarre y el aborto de frutos pueden ocurrir cuando las poblaciones son altas y el daño es severo. Esto puede resultar en pérdidas de productividad de hasta un 20% (Bender, 1993) debido a una caída en la tasa fotosintética de hasta un 50% (Maoz, *et al.*, 2010).

Según Vela *et al.*, (2007), *O. perseae* figura como plaga del aguacate en México, Estados Unidos, Israel, Costa Rica, Portugal y España. En la parte inferior de las hojas, principalmente en las nervaduras, hace nidos de telaraña donde las hembras se alimentan y ovipositan a medida que se desarrollan en etapas juveniles. Según Aponte y McMurtry, (1997a), los nidos producen áreas necróticas circulares que pueden impactar hasta el 90% de la superficie de la hoja y reducir la tasa fotosintética en más del 50%. Este ácaro utiliza los nidos como defensa frente al ataque de sus enemigos naturales (Mori *et al.*, 1999).

Los depredadores naturales son la primera alternativa para el manejo de los ácaros del aguacate, siendo *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot (Acari: Phytoseiidae), *Amblyseius californicus* (*Neoseiulus californicus*) McGregor (Acari: Phytoseiidae) y *Amblyseius swirskii* Athias-Henriot (Acari: Phytoseiidae), *Feltiella acarisuga* Vallot (Diptera: Cecidomyiidae) la primera opción de manejo en campo. Debido a que han desarrollado resistencia a los residuos de varios tipos de acaricidas, cada depredador tiene la capacidad de alimentarse únicamente de los adultos de la plaga, mientras que otras especies se alimentan de huevos y larvas. Además, pueden combinarse entre sí e incluso, en el caso de *Phytoseiulus*, con pesticidas (Cote *et al.*, 2002).

Estrada-Venegas *et al.*, (2002), reportó 10 especies depredadoras en aguacate variedad Hass en Michoacán, México, entre las que destacan *Amblyseius* sp., *Euseius hibisci* Chant (Acari: Phytoseiidae), *Galendromus*, *Metaseiulus johnsoni* Mahr (Acari: Phytoseiidae), además de *Neoseiulus* sp., y *Typhlodromalus limonicus* Garman & McGregor (Acari: Phytoseiidae). En California, Berder, (1993), encontró que en algunos árboles de aguacate la acumulación de ácaros nativos depredadores,

Galendromus annectens De Leon (Acari: Phytoseiidae) puede penetrar en la telaraña y alimentarse en todas las etapas de los ácaros. *G. annectens* es más ancho y más largo, además de que el ácaro cristalino *O. perseae* se propaga muy lentamente. El ácaro depredador *Amblyseius hibisci* Chant (Acari: Phytoseiidae), se mueve rápidamente, el cual solo puede alimentarse de ácaros que no están protegidos por la telaraña. Otro ácaro benéfico que promete controles promisorios es *Galendromus helveolus* Chant (Acari: Phytoseiidae).

Utilizar hongos entomopatógenos, como *Metarhizium anisopliae*, que atacan a las plagas de forma natural, es una opción adicional (Maniania *et al.*, 2008). Extractos vegetales como el nim (*Azadirachta indica* L.) (Meliaceae), mezclas de extractos de chile y ajo, sales potásicas de ácidos grasos, polisulfuro de calcio y aceites vegetales también han tenido éxito en el control de ácaros en diversos cultivos. Sin embargo, se necesita más investigación debido a sus diversos mecanismos de acción, efectos metabólicos disruptivos sobre el metabolismo de los ácaros y efectos sobre la disminución de la fecundidad de las hembras.

En el control químico los ingredientes activos más utilizados son Abamectina, Milbemectina, Hexitiazox, Clofentezin, Etoxazol, Fenazaquin, Fenpiroximato, Piridaben, Tebufenpirad, Bifentrina, Bifenazate y Acequinocyl. Sin embargo, el uso excesivo de éstos ha traído como consecuencia falta de control y contaminación de alimentos.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Importancia del cultivo de aguacate (*Persea americana* Mill.)

Debido a su alto contenido de proteínas, vitaminas y minerales, los aguacates se utilizan como complemento de varios tipos de comidas, lo que los convierte en una de las exportaciones agrícolas y alimentarias más populares de México. Representan el 45.95% del valor total de las exportaciones del país. Su grasa se puede procesar para producir aceites, que luego utilizar en las industrias farmacéuticas y de belleza a nivel mundial (Atlas Agroalimentario, 2018). La creación de puestos de trabajo y sus conexiones indirectas con otras actividades también son importantes. Solo en Michoacán, primer productor de aguacate del país, se proyecta una derrama de 750 millones de pesos, 40 mil empleos permanentes, 9 millones de ingresos anuales y 60 mil empleos temporales (Echánove, 2008).

2.2 Superficie y producción mundial y nacional

Con una superficie cosechada de 231 028 ha en 2018, México es el mayor productor mundial de aguacates (SIAP, 2019). De acuerdo con el cierre de producción del año 2017 los cinco principales países productores fueron México, República Dominicana, Perú, Indonesia y Colombia con una producción de 2 029, 886; 637, 688; 466, 758; 363, 157 y 314, 275 toneladas respectivamente (FAOSTAT, 2019). Los estados de Michoacán, Jalisco, México, Nayarit, Morelos, Guerrero, Chiapas y Puebla fueron los que más produjeron al cierre de 2018 con 1 millón 668 mil 356; 202,180; 105,208; 57,563; 46,022; 26,394; 16,868; y 15,530 toneladas, respectivamente (SIAP, 2019).

2.3 Factores fitosanitarios que afectan la producción de aguacate

2.3.1 Plagas

Trips, ácaros, barrenadores de huesos y ramas, escamas armadas, otros insectos que se consideran plagas ocasionales, varias especies de lepidópteros defoliadores, algunas especies de mosca blanca, agalla, periquito del aguacate, chicharritas y otras especies de escamas de la familia Coccidae, se encuentran entre las plagas de importancia económica para el cultivo del aguacate en México (Equihua-Martínez *et al.*, 2007).

2.3.1.1 Insectos

2.3.1.1.1 Trips

Hay varias especies económicamente significativas de trips del aguacate.

Frankliniella difficilis Hood (Thysanoptera: Thripidae), *Frankliniella minor* Moulton (Thysanoptera: Thripidae), *Franklinothrips vespiformis* Crawford (Thysanoptera: Thripidae), *Scirtothrips aceri* Moulton (Thysanoptera: Thripidae), *Scirtothrips perseae* Nakahara (Thysanoptera: Thripidae), *Scirtothrips kupandae* Johansen y Mojica (Thysanoptera: Thripidae), *Pseudophilothrips perseae* Watson (Thysanoptera: Phlaeothripidae) y *Neohydatothrips* spp.) (Thysanoptera: Thripidae) se destacan entre las 10 a 19 especies fitófagas y las 36 a 73 especies depredadoras mencionadas por Castañeda y Johansen, (2011) .

Estas son capaces de dañar directamente el follaje y los frutos en tamaño canica o cerillo provocando deformaciones en la superficie del pericarpio en forma de protuberancias o crestas (Hoddle, 2002), y en algunos casos facilitan la entrada de hongos fitopatógenos como *Sphaceloma perseae* Jenkins (GIIIA, 2013). Estos factores reducen la calidad de los frutos y ocasionan problemas de comercialización en el mercado internacional, o reducen el precio de venta en el mercado nacional (González-Hernández *et al.*, 2017).

2.3.1.1.2 Barrenador de ramas y tronco del aguacate

Son plagas reglamentadas de este cultivo: *Heilipus albopictus* Champion y *Copturus aguacatae* Kissinger (Coleoptera: Curculionidae). Sus piezas bucales masticadoras están ubicadas exactamente en el vértice de sus cuerpos pequeños y fuertes. También tienen antenas geniculadas con tres segmentos y élitros lisos o esculpturados que pueden tener proyecciones de varias formas. Su principal característica distintiva es la presencia de una proyección anterior del rostro (Morrone, 2014). Las larvas, que comen a través de la epidermis de las ramas y troncos para llegar al xilema, son las responsables de la mayor parte de los daños. Según Equihua-Martínez *et al.*, (2007), la actividad temprana de la larva está marcada por la presencia de secreciones que inicialmente tienen una naturaleza polvorienta blanquecina y luego se convierten en montículos diminutos en la epidermis.

2.3.1.1.3 Escamas armadas

Se han identificado al menos 59 especies de escamas armadas en el cultivo de aguacate a nivel mundial (Evans *et al.*, 2009). Las escamas armadas pueden atacar principalmente a los tejidos blandos en hojas, ramas y frutos. Pueden disminuir el valor comercial de las frutas y alterar su calidad estética. Aunque en algunas zonas pueden ser consideradas plagas económicas, la mayoría de ellas tienen un número considerable de depredadores naturales (Noyes, 2009). Al menos 51 especies de parasitoides, la mayoría miembros de la familia Aphelinidae, han sido identificadas en la cochinilla armada *Hemiberlesia lataniae* Signoret (Hemiptera: Diaspididae), una de las especies más prevalentes en aguacates (Noyes, 2009).

2.3.1.2 Ácaros

Según Lindquist *et al.*, (2009) y Moraza y Peña-Estevez (2005), los ácaros se clasifican como miembros de la clase Acari, clase Arachnida, subphylum Chelicerata y phylum Arthropoda. Además de tener un gnatosoma, que es una estructura en la parte superior, se distinguen por la ausencia de segmentación del cuerpo, que es producida por el idiosoma, que tiene cuatro pares de patas en adultos y ninfas y tres

pares en larvas. El rango de variación en los palpos y quelíceros, que son parte del gnatosoma, refleja principalmente la variedad de estilos de vida y preferencias de alimentación. El opistosoma se refiere al área más allá del conjunto final de patas (Moraes y Flectmann, 2008; Krantz y Walter, 2009). Los estilóforos se crean fusionando las bases de los quelíceros.

El opistosoma se refiere a la región posterior del último par de patas (Moraes y Flectmann, 2008; Krantz y Walter, 2009). Un estilóforo que puede perforar el tejido vegetal se forma por la fusión de las bases de los quelíceros. Según Cerna *et al.*, (2009), el daño se manifiesta típicamente como áreas cloróticas que resultan en bronceado o puntuación y menor actividad fotosintética.

Entre los ácaros asociados al aguacate podemos distinguir los considerados plagas (fitófagos) que causan daños al cultivo y los depredadores que ayudan a controlar las poblaciones de los ácaros plaga. Los fitófagos, principalmente del género *Oligonychus*, son uno de los grupos mas perjudiciales en todos los países donde se cultiva en aguacate, se encuentran principalmente en hojas maduras, alimentándose del contenido de las células superficiales de la hoja, ocasionando daños como la caída prematura de las hojas infestadas debido a la disrupción celular y eliminación de la clorofila, así como inyección de saliva que conduce al mal funcionamiento de la hoja, una mayor tasa de transpiración, y por último, marchitez. Debido a la alta densidad y la capacidad de la plaga para invadir en el follaje recién crecido, las infestaciones significativas pueden resultar en frutos de tamaño bajo, defoliación parcial del árbol y la caída de frutos recién formados (Chávez-Espinoza *et al.*, 2017).

Las especies de ácaros fitófagos que se consideran económicamente significativas son miembros de la familia Tetranychidae, también conocidas como arañas rojas debido a la red que tejen para defender su colonia de los depredadores. El cultivo de aguacate se ha relacionado con la presencia de *Eotetranychus sexmaculatus* Riley (Acari: Tetranychidae), *O. punicae* y *O. perseae* (GIIIA, 2013; Guzmán-Valencia *et al.*, 2014).

2.3.1.2.1 Ácaros fitófagos en aguacate

El ácaro café (*O. punicae*) y el ácaro cristalino (*O. perseae*) se consideran las dos especies que más dañan la hoja de aguacate en México (Jeppson *et al.*, 1975). *O. punicae*, *O. perseae*, *Calepitrimerus miesbecki* Keifer y un género no determinado de la familia Eriophyidae, así como *Brevipalpus* sp. (Tenuipalpidae) y *Eutetranychus* sp. (Tetranychidae) fueron reportadas por Estrada-Venegas *et al.*, (2002).

O. punicae se alimenta y crece en parte superior de las hojas, produciendo manchas de color rojizo, y cuando los niveles de infestación son severos, las plantas se defolian. *O. perseae* se alimenta del envés de las hojas generando manchas necróticas (Aponte y McMurtry, 1997a), y en infestaciones severas provoca la caída prematura de las hojas, exponiendo los frutos a quemaduras solares y reduciendo la producción de frutos.

Los miembros de la familia Tetranychidae se distinguen por poseer un cuerpo pequeño y globoso de entre 0,3 y 0,6 mm, lo que los hace visibles a simple vista. La coloración varía dependiendo de los alimentos consumidos. Ambos tienen números y longitudes variables de setas dorsales según la especie, siendo el macho más pequeño, alargado y más corto que la hembra. La larva, una fase móvil con solo tres pares de patas, se crea después de que eclosionan los huevos. Luego, hasta llegar a la edad adulta, pasarían por dos fases ninfales con cuatro pares de patas (Protoninfa, Deutoninfa), así como una etapa de transición (Teliocrisis) (MiPerú, 2010).

2.3.1.2.1.1 *Oligonychus punicae*

Este ácaro causa manchas rojizas en el tejido de la planta al alimentarse del follaje y clavar allí sus estiletes (Aponte y McMurtry, 1997a). La defoliación se produce cuando el daño es lo suficientemente grave como para provocar el colapso del mesófilo (Sances *et al.*, 1982; Ochoa *et al.*, 1994). Las poblaciones altas de ácaros pueden causar que se aborte el amarre de frutos en los árboles, lo que resulta en rendimientos más bajos (Bender, 1993; Faber, 1997).

El cuerpo de una hembra adulta de este ácaro tiene forma ovalada, algo aplanado y tiene dos o más manchas oscuras de color amarillento o verdoso. Los machos tienen forma de pera, ligeramente aplanados y amarillentos con o sin pequeñas marcas oscuras. También son más pequeños que las hembras fértiles. El ciclo de vida dura entre 34.89 días a 15 °C y 9.81 días dependiendo de la temperatura. El comienzo del verano suele ser una época de crecimiento exponencial de la población, seguida de una fuerte caída finales de dicha estación. Además del bronceado, densidades de 300 ácaros por hoja también provocan una defoliación parcial, lo que también puede ocurrir cuando hay 70 hembras adultas por hoja durante las estaciones secas. En su vida, una hembra oviposita entre dos y cuatro docenas de huevos. Dado que la composición química de la savia y las hojas del aguacate varía según la época del año y la variedad, la calidad intrínseca de las hojas tiene un impacto sustancial en la longevidad y fertilidad de las hembras (Zappalá *et al.*, 2015).

2.3.1.2.1.2 *Oligonychus perseae*

El daño que produce esta especie varía según la variedad del aguacate y se puede observar alimentándose durante todo el año (Kerguelen y Hoddle, 2000).

En el envés de la hoja de aguacate se ubican las colonias donde viven, se alimentan, reproducen y crecen mientras usan una seda para protegerse. Causan daño a la nervadura central de la hoja y a las nervaduras principales, lo que resulta en el desarrollo de manchas necróticas circulares que interfieren con la fotosíntesis, lo que provoca defoliación, debilitamiento general y una propensión a que las plantas crezcan lentamente y produzcan pocos frutos pequeños (Coria y Ayala, 2010).

El cuerpo de la hembra es ovalado, aplanado y alargado. Su color es verde amarillento y el histerosoma tiene dos manchas oscuras. El macho es más pequeño. El área histerosómica de los estados inmaduros tiene dos o más manchas oscuras de color amarillo verdoso. Las hembras adultas que han terminado de ovipositar son de tamaño reducido y tienen un color verde oscuro. El ciclo de vida de huevo a adulto toma 35 días a 15 °C , mientras que toma 16.90, 13.87 y 9.81 días a 20, 25 y 30 °C ,

respectivamente. La hembra tarda más en completar su ciclo. Los huevos son semiesféricos, de color amarillo pálido, y durante las últimas etapas, su principal característica son dos ojos rojos (Aponte y McMurtry, 1997a y 1997b).

2.3.2 Enfermedades

De acuerdo con Morales (2017), la languidez del aguacatero (*Verticillium albo-atrum*) y la tristeza del aguacatero (*Phytophthora cinnamomi*) son las dos enfermedades más importantes que afectan a los cultivos de aguacate en México por su frecuencia y severidad. Sumado a esto, las pudriciones de raíz y tronco (*Armillaria mellea* y *Rosellinia* sp.) son más frecuentes e importantes, debido a su difícil manejo; sarna (*Sphaceloma perseae*), antracnosis del fruto (*Glomerella cingulata* (anamorfo *Colletotrichum gloeosporioides*), mancha de la hoja y mancha negra del fruto causada por *Pseudocercospora purpurea* (= *Cercospora purpurea*), muerte regresiva de ramas, brotes y pudrición del injerto (*Colletotrichum gloeosporioides*) y pudrición de la raíz causada por *Cylindrocladium* sp. En viveros, almácigos y campo; las fumaginas (*Capnodium* sp., *Asteridiella perseae*, *Calothyriolum aphiahynum*, *Lembosia perseae*, *Meliola antioquensis*) están asociados a insectos chupadores. *Fusarium* sp, *Rhizoctonia* sp. y los nemátodos (*Helicotylenchus* sp., *Rotylenchulus* sp. y *Pratylenchus* sp.), han estado cobrando importancia en viveros y almácigos (Tamayo, 2007).

2.3.3 Plantas arvenses

En el sentido agronómico, las arvenses son plantas que no tienen valor económico, crecen en lugares inadecuados, interfieren con la actividad del cultivo, reducen la capacidad de producción y normal desarrollo, o producen sustancias nocivas que perjudican al cultivo (FUSAGRI, 1985; Pitty y Muñoz, 1991), además de que pueden albergar o ser fuente de insectos plaga o enfermedades.

García y Fernández-Quintanilla (1992), citan 16 especies de arvenses como las más importantes en el mundo (Cuadro 1)

Cuadro 1. Arvenses más importantes del mundo.

Especie	Familia	Especie	Familia
<i>Digitaria sanguinalis</i> (L.) Scop.	Poaceae	<i>Convolvulus arvensis</i> L.	Convolvulaceae
<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	Poaceae	<i>Cyperus rotundus</i> L.	Cyperaceae
<i>Echinochloa crus-galli</i> L.	Poaceae	<i>Amaranthus hybridus</i> L.	Amaranthaceae
<i>Echinochloa colona</i> (L.) Link	Poaceae	<i>Amaranthus spinosus</i> L.	Amaranthaceae
<i>Eleusine indica</i> (L.) Gaerther	Poaceae	<i>Cyperus esculentus</i> L.	Cyperaceae
<i>Sorghum halepense</i> (L.) Pers.	Poaceae	<i>Eichornia craccipes</i> L.	Potederiaceae
<i>Imperata cylindrica</i> L	Poaceae	<i>Portulaca oleraceae</i> L.	Portulacaceae
<i>Rottboelia cochinchinensis</i> (Lour.)	Poaceae	<i>Chenopodium álbum</i> L.	Chenopodiaceae
<i>Avena fatua</i> L	Poaceae		

2.3.3.1 Arvenses asociadas al aguacate

La principal justificación para clasificar las arvenses como malezas es que compiten por los mismos recursos y pueden hospedar o ser fuente de enfermedades o insectos plaga. Sin embargo, se conoce la capacidad de algunas de estas especies para obtener nutrientes que de otro modo serían inaccesibles. Otras especies sirven como hospederos de insectos que controlan plagas; algunos de estos son depredadores que cazan y devoran insectos plaga, mientras que otros ponen sus huevos cerca y, cuando los huevos eclosionan, alimentan a sus larvas con el huésped hasta que alcanzan la edad adulta. Las características de la especie pueden ser utilizadas para alimento, medicina, ornamentación o algún tipo de función agroecológica, por lo que las malezas no siempre son destructivas para los cultivos (Merlin-Uribe *et al.*, 2014).

Por otra parte, algunas arvenses tienen efectos insecticidas (Alfonso, 2002) porque contienen una variedad de fitoquímicos con actividad insecticida importante, entre ellos saponinas, taninos, alcaloides, di y triterpenoides (Cuadro 2). Los extractos de plantas o sus componentes puros pueden tener efectos nocivos sobre los insectos de varias maneras, como toxicidad, mortalidad, inhibición del crecimiento, supresión

del comportamiento reproductivo y disminución de la fertilidad y la fecundidad (BenJannet *et al.*, 2001).

En Colombia, Blanco y Leyva (2007) citan que de las arvenses asociadas al cultivo del aguacate, el 75,8% pertenecía a un grupo de 15 especies que se distribuyeron uniformemente en las tres áreas de estudio. El 24,2% restante estaba asociado a 65 especies que tenían un lugar definido en un área en particular. Las especies *Polygonum nepalense*, *P. clandestinum*, *Commelina* sp., *Cuphea* sp. y *Paspalum* sp. se encontraron entre los más prevalentes.

Cuadro 2. Arvenses con propiedades bioinsecticidas.

Nombre científico	Nombre común	Parte de la planta	Actividad biológica	Compuestos
<i>Bidens pilosa</i> L.	Aceitilla	Flores, planta entera	Insecticida	Alcaloides
<i>Parthenium hysterophorus</i> L.	Amargosa	Flores, planta entera	Insecticida	Alcaloides
<i>Tagetes erecta</i> L.	Flor de muerto	Flores, planta entera	Insecticida Acaricida	Tiofenos, fenoles, flavonoides, cumarinas
<i>Tagetes patula</i> L.	Damasquina	Flores, planta entera	Insecticida Acaricida	Tiofenos, fenoles, flavonoides, cumarinas
<i>Sonchus oleraceus</i> L.	Borraja	Planta entera	Insecticida	Flavonoides, fenoles
<i>Azadirachta indica</i>	Nim	Semillas, hojas, aceite	Insecticida, antialimentario	Triterpenos, azadiractina
<i>Melia azedarach</i> L.	Paraiso	Semilla, hojas, aceite	Insecticida, antialimentario	Triterpenos, alcaloides
<i>Datura stramonium</i> L.	Toloache	Flores, hojas	insecticidas	Alcaloides, flavanoides
<i>Piper nigrum</i> L.	Pimienta	Semilla	Insecticida	Taninos, alcaloides

Alfonso, (2002)

Según Merlín-Urbe *et al.*, (2014), 198 especies de arvenses se han relacionado con el cultivo de aguacate en el Estado Mexicano de Michoacán, pero se destacan las enumeradas en la Cuadro 3 a continuación.

Cuadro 3. Principales arvenses en aguacate en México.

Especie	Familia	Especie	Familia
<i>Physalis coztomatl</i> Dunal	Solanaceae	<i>Sida collina</i>	Malvaceae
<i>Physalis peruviana</i> L.	Solanaceae	<i>Malva parviflora</i>	Malvaceae
<i>Solanum eleagnifolium</i> Cav.	Solanaceae	<i>Anoda cristata</i>	Malvaceae
<i>Solanum rostratum</i>	Solanaceae	<i>Melilotus indica</i>	Fabaceae
<i>Rumex crispus</i> L.	Polygonaceae	<i>Crotolaria micans</i>	Fabaceae
<i>Anagallis arvensis</i>	Primulaceae	<i>Eleusine indica</i>	Poaceae
<i>Amaranthus palmeri</i>	Amaranthaceae	<i>Paspalum pubiflorum</i>	Poaceae
<i>Chenopodium fremontii</i> S.Wats	Chenopodiaceae	<i>Setaria parviflora</i>	Poaceae
<i>Oxalis corniculata</i> L.	Oxalidaceae	<i>Rynchelytrum repens</i>	Poaceae
		(Willd) C.E. Hubb	
<i>Argemone platyceras</i> Link-Otto	Papaveraceae	<i>Eragrostis mexicana</i>	Poaceae
		(Hornem)Link	
<i>Salvia mexicana</i> L.	Lamiaceae	<i>Urtica chamaedryoides</i>	Urticaceae
		Pursh	
<i>Euphorbia hirta</i> L.	Euphorbiaceae		

2.4 Métodos de manejo de los ácaros fitófagos en aguacate

2.4.1 Control biológico

Los ácaros son la segunda categoría más dañina de artrópodos, después de los insectos, entre las plagas que afectan seriamente la agricultura de árboles frutales. Estas especies de fitófagos exhiben comportamientos que controlan sus poblaciones, los cuales se detallan a continuación.

2.4.1.1 Insectos depredadores

Los insectos depredadores son un componente crucial del manejo integrado de plagas para el control de ácaros. Se ha observado en la población natural una alta incidencia de varios depredadores, incluidos los trips de seis puntos *Scolothrips sexmaculatus* Pergande, *Franklinothrips vespiformis* Crawford, *Franklinothrips orizabensis* Johansen (Thysanoptera: Aeolothripidae), *Leptothrips mali* Fitch (Thysanoptera: Phaeothripidae) y los trips negros de banda blanca (*Aeolothrips fasciatus* L. Thysanoptera: Aeolothripidae), en asociación con la presencia de *O. punicae* en huertas de aguacate en México.

También son comunes las larvas de los depredadores generalistas *Crysoperla carnea* Stephens (Neuroptera: Crysopidae) y *Hemerobius pacificus* Banks (Neuroptera: Hemerobiidae) conocidos como crisopa verde y crisopa marrón, respectivamente; *Stethorus* spp, cuyas especies son depredadores específicos de ácaros fitófagos (Arias, 1990; McMurtry, 1992; McMurtry, 1997; Badii *et al.*, 2000; Sánchez *et al.*, 2001).

2.4.1.2 Ácaros depredadores

En un agroecosistema natural, los ácaros depredadores constituyen el tercer nivel trófico de la cadena alimentaria. Por su aplicación en el control biológico de ácaros fitófagos de cultivos, son importantes (Paes, 2009). Estrada-Venegas *et al.*, (2002) encontraron 10 especies de ácaros depredadores en el cultivo de aguacate variedad Hass en ensayos realizados en el Estado de Michoacán, México, entre ellos *Amblyseius* sp., *E. hibisci*, *Galendromus*, *M. johnsoni*, así como *Neoseiulus* sp. y *T. limonicus*.

Maoz *et al.*, (2009), examinaron la fluctuación de la población de *O. perseae* en huertos de aguacate cultivados en Israel durante el transcurso de tres temporadas sucesivas en 2001 en condiciones de laboratorio, invernadero y campo. También descubrieron las especies de ácaros depredadores nativos y las estrategias de conservación. En las plantaciones de aguacate israelíes, *Euseius scutalis* (Athias-

Henriot) (Acari: Phytoseiidae) fue el ácaro depredador más frecuente. Estudios realizados en placa de Petri y en invernadero muestran que la presencia de depredadores provoca una disminución de los ácaros fitófagos. Desarrollaron una técnica eficiente para mantener y multiplicar los ácaros depredadores, con la provisión de un complemento alimenticio (polen de maíz), en condiciones de invernadero y de campo.

Para mejorar el control biológico del ácaro cristalino (*O. perseae*) en los huertos de aguacate israelíes, Maoz *et al.*, (2011) evaluaron dos enfoques: el primero involucró liberaciones de *N. californicus*, un depredador exótico de la araña roja, en huertos comerciales, y el segundo involucró la conservación de *E. scutalis* con polen, el depredador Phytoseiidae nativo común que se encuentra en los huertos de aguacate. Para este último se utilizaron tres escalas espaciales: discos de hojas, plántulas y árboles. Las densidades de población del ácaro *O. perseae* se redujeron significativamente como resultado de las liberaciones de *N. californicus*. Sin embargo, *E. scutalis* constituyó la mayoría de los depredadores recuperados. Aunque no puede entrar ni desgarrar los nidos de ácaros, el experimento del disco de hoja mostró que *E. scutalis* puede reducir drásticamente el número de ácaros cristalinos. Cuando el polen está presente, como fue el caso en las pruebas de plántulas, *E. scutalis* puede suprimir el ácaro cristalino y la obtención de polen de maíz mejoró enormemente las poblaciones de *E. scutalis*. En comparación con las aplicaciones repetidas de polen artificial, las pruebas de campo mostraron que la conservación de *E. scutalis* utilizando zacate rhodes (*Chloris gayana* Kunth) (Poaceae) como cultivo de cobertura para el suministro de polen transportado por el viento fue altamente eficiente.

Las densidades de las poblaciones de Phytoseiidae fueron significativamente mayores en los árboles adyacentes a los manchones del zacate rhodes que en los árboles distantes, mientras que las poblaciones del ácaro cristalino en los árboles adyacentes a estos parches fueron consistentemente más bajas. En este trabajo, demostraron que es eficiente y sostenible emplear zacate rhodes como cultivo de cobertura de suministro de polen transportado por el viento para la conservación de *E. scutalis*.

Por su parte, González-Fernández *et al.*, (2009), proponen que la presencia cercana de huertos de olivos y sus resultados de correlación sugieren que el polen de olivo fue una causa probable para el aumento de la población de *E. stipulatus* durante la primera mitad del año en estudios de campo en España.

Dado que los ácaros fitoseidos son los depredadores más frecuentes de los ácaros fitófagos en muchas especies de plantas, han recibido la mayor atención de los investigadores y se han utilizado con éxito en programas de control biológico (McMurtry *et al.*, 2013). Se utilizan principalmente como depredadores de los ácaros tetránquidos. Pueden comer eriófidos, cóccidos, moscas blancas, trips, tenuipalpidos y tarsonémidos, entre otras familias de artrópodos fitófagos (Chant y McMurtry, 2007).

Sin embargo, la mayor parte del trabajo se ha centrado en el uso efectivo de estos depredadores para reducir los tetránquidos en varios cultivos en todo el mundo (Ramos & Rodríguez, 2006).

P. persimilis es un ácaro depredador que se ha utilizado en una variedad de cultivos (Parvin y Haque, 2008) y se clasifica como especialista en Tetranychidae (McMurtry *et al.*, 2013). En un estudio sobre la depredación del ácaro *O. punicae* sobre 64 presas, García-Ángel *et al.*, (2017) encontraron que se consumía un promedio de 23,4 larvas y 14,67 ninfas por ácaro. A una densidad de 16 presas proporcionadas, *P. persimilis* ingirió un promedio de 6,07 adultos y no se observó depredación en la etapa de huevo.

A. californicus es un agente de control biológico confiable para el ácaro de la familia de los tarsonémidos *Polyphagotarsonemus latus* Banks (Acari: Tarsonemidae). El ciclo de desarrollo corto, la alta fecundidad, la alta capacidad de búsqueda y la respuesta funcional tipo II, que le permite responder adecuadamente a grandes densidades de presa, son algunas de las características más importantes de este depredador frente al ácaro blanco (Rodríguez y Ramos, 2004). Las larvas I y II de *Thrips palmi* Karny (Thysanoptera: Thripidae) son solo un ejemplo de un pequeño insecto que puede comer debido a sus tendencias generalistas (Rodríguez y Ramos, 2004).

2.4.1.3 Microorganismos patógenos de ácaros

Otra opción es el uso de hongos entomopatógenos, como *Metarhizium anisopliae*, que naturalmente combaten la plaga (Maniania *et al.*, 2008). El impacto de los entomopatógenos *Beauveria bassiana* y *M. anisopliae* sobre adultos y ninfas de *Oligonychus* sp. fue examinado por Huanes-Carranza y Wilson-Krugg (2016) en un entorno de laboratorio. Se descubrió que *M. anisopliae*, que tenía 107 conidios/mL (con/mL), tenía el porcentaje más bajo de supervivencia de ácaros en laboratorio, con un 8.33 %. Si bien no hubo una diferencia perceptible en la actividad entomopatógena de estos hongos, *B. bassiana* tuvo una tasa de supervivencia del 9.61 % a una concentración de 107 mg/mL. Por lo tanto, llegaron a la conclusión de que, en entornos de laboratorio, *Oligonychus* sp. ninfas y adultos fueron susceptibles a los efectos entomopatógenos de *B. bassiana* y *M. anisopliae*.

2.4.2 Los infoquímicos y el manejo de plagas

Los compuestos químicos juegan un papel importante en las interacciones entre organismos, algunos de estos productos químicos benefician (nutrientes) o perjudican (toxinas) a un organismo. Otros son beneficiosos o perjudiciales de forma indirecta a través de la respuesta conductual que provocan, estos últimos se denominan infoquímicos (Dicke, 1988); que son mensajes químicos secretados por organismos que tienen el poder de alterar la fisiología, el comportamiento y la estructura corporal de un individuo (Roccuzzo *et al.*, 2016). Los infoquímicos son liberados por un remitente biótico o abiótico. Pueden encontrar el epitelio olfativo de un receptor donde pueden unirse a proteínas específicas que se unen a los olores, lo que lleva a la formación de una señal eléctrica que se traduce al sistema nervioso central y evoca la percepción. La percepción de un infoquímico puede provocar reacciones morfológicas, fisiológicas o de comportamiento del receptor, o incluso cambios en los niveles de población. La liberación de infoquímicos por parte del emisor, así como los diversos pasos de la cascada de reacciones en el receptor, pueden verse influenciados por factores internos (como la edad, el sexo y el nivel de

actividad), así como por factores ambientales (como la hora del día o el año). y temperatura) (Klaschka, 2009).

El uso de los infoquímicos para desarrollar una estrategia en el control de plagas es una forma potencial de promover la producción agrícola sostenible. Zhou, *et al.*, (2016), mezclaron infoquímicos de aceites esenciales vegetales con aceite de parafina para liberación lenta en experimentos de campo con trigo para controlar la densidad de población de pulgones de cereales y potenciar sus enemigos naturales. (Z) -3-Hexenol (Z3H) atrajo *Metopolophum dirhodum* y *Sitobion avenae*, las especies predominante en el trigo en Bélgica, y puede ser un infoquímico útil para el control de pulgones atrayéndolos lejos de las parcelas de campo. La liberación de (E) - β -farneseno (EBF) o un extracto de ajo (GE) condujo a una disminución significativa en la abundancia de pulgones del trigo. Los principales enemigos naturales de los pulgones de los cereales encontrados fueron las crisopas (47.8%), las moscas flotantes (39.4 %) y las mariquitas (12.8 %). La abundancia de mariquitas varió poco antes del final de la temporada de cultivo del trigo. Dichos resultados sugieren que estos productos químicos pueden formar la base de una estrategia para el control biológico de los áfidos, con GE y EBF actuando como un estímulo de atracción de pestes y beneficiosos y Z3H para el tirón de pulgones.

Se identificaron los volátiles emitidos por plantas infestadas por *T. urticae* y los análisis de comportamiento posteriores dieron como resultado la identificación de cuatro componentes de kairomona que atraen al ácaro depredador *P. persimilis*: linalool (3,7-dimetil-1,6-octadieno-3-ol), salicilato de metilo, (E) - β -ocimeno (3,7-dimetil-1,3 (E), 6-octatrieno) y 4,8-dimetil-1,3 (E), 7-nonatrieno. Al menos dos de estos (linalol y salicilato de metilo) son componentes de una kairomona en la interacción entre *T. urticae* y *Amblyseius potantillae* cuando se crían con polen de *Vicia faba*. Los datos de la literatura sobre la respuesta conductual de *T. urticae* indican que uno de estos componentes de kairomona (linalol) es también un componente de la feromona de dispersión (+, +). Los ácaros de dos manchas distinguen entre una planta limpia y una planta infestada por conoespecíficos sobre la base de un infoquímico volátil. Los

ácaros se alejan de las hojas muy infestadas. Esta respuesta es ventajosa para los ácaros en la hoja infestada, así como para los ácaros que evitan asentarse en estas hojas, se evita una mayor competencia por el alimento. Además, la araña roja que se dispersa evita así asentarse en un lugar que tiene un mayor riesgo de ser detectada por ácaros depredadores. Por lo tanto, el infoquímico en esta interacción entre los ácaros araña conespecíficos se llama feromona dispersante (+, +). La evidencia biológica sugiere que esta feromona es (al menos en parte) idéntica a la kairomona volátil a la que responden los ácaros depredadores (Dicke, 1988).

2.4.3 Extractos vegetales

El uso de diversas plantas medicinales como sustitutos eficientes de los pesticidas sintéticos ha ganado una atención significativa en los últimos años. Los terpenos, alcaloides y químicos fenólicos, que tienen un impacto insecticida contra una variedad de plagas agrícolas, son los ingredientes activos de los pesticidas botánicos, que se producen a partir de plantas. Tienen poca residualidad, son biodegradables y son seguros tanto para las personas como para el medio ambiente. En comparación con sus equivalentes sintéticos, que son tóxicos para los organismos que no son el objetivo, incluidos los humanos, y muy persistentes en el medio ambiente después de la bioacumulación, por otro lado los productos de origen vegetal son muy eficaces, económicos, biodegradables y seguros (Singh *et al.*, 1996). ; Leng *et al.*, 2011).

A. indica, tiene una toxicidad muy baja para las personas y los animales domésticos, mientras que tiene un efecto insecticida y acaricida significativo gracias a su principal ingrediente activo, la azadiractina (Mourão *et al.*, 2004). Según Soto *et al.*, (2010), han demostrado una promesa considerable en el manejo integrado de ácaros fitófagos al inducir mortalidad, disminuir la fertilidad, disuadir, inviabilidad de formas inmaduras y repelencia. También dificultan que se formen poblaciones resistentes debido a la diversidad de sustancias químicas de la planta, que incluyen solanina, azadiradiona y azadiractina (Viegas, 2003).

En un estudio realizado *in vitro* por el método de impregnación en hojas de frijol con círculos de 3 cm de diámetro, Erdogan *et al.*, (2012) evaluaron cinco extractos de plantas (*Allium sativum* L. (Amaryllidaceae), *Rhododendron luteum* S. (Ericaceae), *Helichrysum arenarium* L. (Asteraceae), *Veratrum album* L. (Liliaceae) y *Tanacetum parthenium* a una concentración de 1, 3, 6 y 12 % mostrando que si bien ninguno de los extractos estudiados tuvo un impacto ovicida, todos ellos mostraron una mortalidad adulta de *T. urticae* de 29-49%, 27-67%, 37-64%, 51-79% y 64-88%, respectivamente.

Por su parte, Sabrine *et al.*, (2011), en Tunisian evaluaron 31 extractos vegetales en campos experimentales de cítricos, en los cuales encontraron que 7 extractos (*Haplophyllum tuberculatum*, *Deverra scoparia*, *Mentha pulegium*, *Chrysanthemum coronarium*, *Hertia cheirifolia*, *Citrus aurantium* y *Santolina africana*) presentaron efecto de control y/o disminución de la población de *T. urticae*, 0.30, 0.36, 0.37, 0.46, 0.48, 0.50 y 0.53 ácaros por hoja en los tratamientos con extractos vegetales, y 3.7 ácaros por hoja para el testigo sin aplicar durante 21 días.

Carrillo-Rodríguez *et al.*, (2011), evaluaron bajo condiciones de laboratorio 6 extractos vegetales (*A. indica*, *Ricinus communis* L., *Chenopodium ambrosioides* L., *Argemone mexicana* L., *Tagetes erecta*, *Melia azedarach*) en el control de *T. urticae* Koch en dosis de 1, 5, 10, 15 y 20 % y todos presentaron significancia en la mortalidad por arriba del 50 %. Específicamente, *R. communis*, *C. ambrosioides*, *A. indica* y *A. mexicana* en dosis de 10 a 20 %, mostraron una mortalidad estadísticamente similar al testigo químico (abamectina).

En aguacate, Lemus-Soriano y Pérez-Aguilar, (2016), citan que azadiractina fue el tratamiento que menor control sobre *O. punicae* presentó con control del 87, 77, 73 y 67 % a los 7, 14, 21 y 28 dda respectivamente. De manera similar, Aswin *et al.*, (2015) encontraron que las tasas de mortalidad de *Oligonychus oryzae* fueron del 67%. Sin embargo, Bernardi *et al.*, (2013) reportan este insecticida como altamente efectivo sobre *T. urticae* en fresa, al disminuir las poblaciones por encima del 80%, pero su acción residual fue limitada, quizás como resultado de la influencia que los

factores abióticos (radiación UV, temperatura) pueden ejercer sobre este compuesto de origen botánico, degradándolo en menor tiempo en comparación con otros tratamientos.

Razik y Mohammed (2019), evaluaron el laboratorio el efecto de seis acaricidas sintéticos y dos extractos vegetales (Khaya y granada) sobre *T. urticae* y su depredador *P. persimilis* utilizando el método de inmersión y aspersión foliar sobre hojas. El número de adultos muertos 1 a 7 dda fueron registrados. Se determinó que el método de aspersión foliar fue más efectivo que el de inmersión de hojas. Abamectina 1 % + Thiametoxam 9 %, fueron muy tóxicos a *T. urticae* y menos tóxico a *P. persimilis*. Además los extractos de Khaya y granada fueron más tóxicos para *T. urticae* y más seguros para *P. persimilis* después del tratamiento con el método de inmersión de hojas. En cuanto al método de aspersión Fenperoximato fue más tóxico para *T. urticae* y más seguro para *P. persimilis*.

Kim *et al.*, (2016), en estudio de laboratorio evaluaron la susceptibilidad de *N. californicus* a extractos de *M. azedarach*, *Piper nigrum* y *Syringa velutina* a dosis de 2 ml/L, en el cual las hembras adultas sobrevivieron al efecto de los extractos vegetales del 76 a 86 % a los 7 dda. Además, de que no se afectó la eclosión de los huevecillos ovipositados por hembras tratadas con los extractos, sin embargo, si se observó que la mezcla de dichos extractos afectó la supervivencia de *N. californicus*.

2.4.3.1 Elaboración de extractos vegetales

Pérez-Leal *et al.*, (2006), evaluando la actividad citotóxica y antioxidante de *Petiveria alliacea* Linneaus (Phytolaccaceae) citan que para la elaboración de los extractos, las hojas de *P. alliacea* se deben secar a temperatura ambiente y molerse mecánicamente para obtener los extractos de polaridad creciente: de diclorometano, butanólico y acuoso liofilizado de hoja y raíz en cada caso, el extracto acuoso (AL-H) se preparó a través de la maceración de 1 kg de hoja en agua destilada por 24 h a temperatura ambiente, el producto obtenido se congeló a -20 °C y se liofilizó para su evaluación. Los extractos orgánicos se obtuvieron mediante la maceración de 500 g

en cada caso, de raíz (CH₂Cl₂-R) y de hoja (CH₂Cl₂-H), en diclorometano y hoja en butanol (BuOH-H), colocando el tejido vegetal por separado en el disolvente señalado durante tres días a temperatura ambiente. Los extractos crudos se obtuvieron evaporando el disolvente a presión reducida en un rotavapor Büchi a 45 °C.

Sin embargo, Cuca-Suárez *et al.*, (2012) encontraron que el extracto de hoja de *Persea caerulea* eliminó por completo a *Dermatophagoides farinae* mientras probaban la actividad acaricida de los extractos de lauráceas en los ácaros intradomiciliarios *Dermatophagoides farinae* y *Blomia tropicalis*. Después de 120 minutos de exposición ya una concentración de 0,1 mg/mL, el extracto de *Persea caerulea* elimina completamente a *Dermatophagoides farinae* y el 83.4% de *Blomia tropicalis* en el ensayo de actividad fumigante. Llegamos a la conclusión de que las especies de la familia Lauraceae se clasificarían como una fuente potencial de agentes de biocontrol contra los ácaros domésticos *Dermatophagoides farinae* y *Blomia tropicalis* gracias al ensayo fitoquímico preliminar, que permitió identificar la presencia potencial de metabolitos de acuerdo con la quimiotaxonomía de las Lauraceae.

Con el fin de evaluar el impacto de los extractos de plantas sobre la mortalidad de *T. urticae*, Carrillo-Rodríguez, *et al.*, (2011), recolectaron material vegetal para la preparación del extracto por la mañana, inmediatamente lo pusieron a secar a la sombra durante 15 días y luego lo molieron hasta convertirlo en polvo. Se colocaron 500 g del extracto de la planta en 1000 ml de alcohol para crear el extracto, que luego se dejó reposar durante 24 horas antes de filtrarlo para crear una solución al 50 % (m/v).

2.4.4 Control químico

Para el control químico de *O. punicae* y *O. perseae* en las regiones productoras de aguacate de México, se utilizan químicos a base de azufre en concentraciones que van de 2 a 7 kg por 1000 L de agua, dependiendo de cómo se presente el producto. Aplicar aceites derivados del petróleo, como aceite mineral a razón de 2 L por 100 L de agua o aceite de petróleo parafinado a razón de 2 a 3 L por 100 L de

agua, es otra opción. Sin embargo, no tienen un efecto ovicida por tener un peso molecular bajo. El hecho de que estos productos sean reconocidos como un método de control en la agricultura orgánica es un beneficio de utilizarlos. Abamectina, en dosis de 0.5 a 1.5 L por 1000 L de agua, Azadirachtin 1.2 CE, y lambda cyhalothrin, en dosis de 0.5 a 1 L por 1000 L de agua, son productos adicionales aprobados para uso en aguacate contra ácaros (González, 1986; Arias, 1990; Morales *et al.*, 1999; Sánchez *et al.*, 2001).

El fenperoximato y el bifenazato son acaricidas con efecto sobre *O. punicae* con controles del 80 al 99 % en concentraciones de 0,3 L/ha y 0,3 kg/ha, respectivamente, según el estudio de Lemus-Soriano y Pérez-Aguilar (2016) en una huerta comercial de aguacate en Los Reyes, Michoacán. En este experimento, se evaluó la influencia sobre los estados móviles (ninfas y adultos) en la parte superior de la hoja seleccionando al azar 10 hojas maduras de cada uno de los puntos cardinales y rociando las hojas con una boquilla de cono hueco mientras se agregaba 0.5 mL de inex-A como adherente a los tratamientos. Por su parte, la APEAM (2019) enumera como productos para el control de esta plaga la bifentrina, el fenpiroximato y la abamectina + tiametoxam. La abamectina y el espirodiclofen, respectivamente, tienen porcentajes de eficacia biológica frente a *O. punicae* en aguacate del 89 y 93 %, según Heredia (2012).

Sin embargo, Lemus-Soriano y Pérez-Aguilar (2016), reportan a abamectina como el producto con los porcentajes más bajos del 89, 78, 79 y 79 % a los 7, 14, 21, 28 dda respectivamente cuando es aplicado a la dosis de 0.5 L/ha.

III. JUSTIFICACIÓN

Con 231,028 hectáreas plantadas y 2,029,886 toneladas producidas en 2019, México es el primer productor mundial de aguacates (SIAP, 2019). Los ácaros son el principal factor fitosanitario que limita su producción dañando de forma simultánea frutos y hojas. Debido a que los ácaros son chupadores y se alimentan de los fluidos de las hojas en la parte superior e inferior, dañan la planta debido a sus hábitos alimenticios. Esto provoca la caída de las hojas, las cuales son la principal fuente fotosintética del árbol de aguacate, disminuyendo la tasa fotosintética hasta un 50 %, propiciando así, una disminución en el rendimiento hasta un 20 %. El control químico ha sido históricamente la estrategia de manejo de ácaros más popular en la agricultura; sin embargo, el manejo inadecuado y el uso excesivo de acaricidas sintéticos han dado lugar a poblaciones resistentes a algunos de sus ingredientes activos, lo que lleva a un control deficiente. Por consiguiente, es necesario considerar varios elementos para evitar que los productores de aguacate se encuentren cada día más limitados de herramientas para el control de esta plaga. Además de reducir el impacto ecológico provocado por los plaguicidas en la naturaleza, la alimentación y en la salud humana. Por lo cual, se propone un programa de manejo de ácaros fitófagos asociados al aguacate con herramientas de bajo impacto ambiental entre los que destacan el manejo biológico mediante insectos y ácaros depredadores, así como el empleo integrado de extractos de plantas que por mucho tiempo se han tenido referencias de su efecto contra diversas plagas en varios cultivos.

Dado que se logrará reducir el uso de plaguicidas sintéticos y consecuentemente los residuos en los frutos, el desarrollo de una propuesta de manejo de plagas de ácaros a través de alternativas de bajo impacto ambiental será de gran ayuda para el productor de aguacate.

Por otro lado, la trascendencia de la presente investigación radica en la identificación de extractos de plantas endémicas de las zonas productoras de

aguacate que tengan efecto repelente y/o acaricida, así como también identificar los ácaros depredadores de los ácaros fitófagos, para de esta manera el agricultor controle esta plaga de una manera más amigable con el ambiente y produzca alimentos más sanos y libres de plaguicidas. En México, los productores de Aguacate producen para el mercado nacional e internacional y deben satisfacer las demandas de los consumidores con menos plaguicidas y con un manejo agronómico más amigables con el medio ambiente. Por lo anterior la presente escrito plantea los objetivos siguientes:

IV. OBJETIVOS

4.1 Objetivo General

Determinar la diversidad de ácaros y arvenses asociadas al cultivo de aguacate para desarrollar un programa de manejo de ácaros fitófagos con alternativas de bajo impacto ambiental en zonas productoras de México.

4.1.1 Objetivos Específicos

- a. Determinar la diversidad de ácaros y arvenses asociados al cultivo de aguacate en dos zonas productoras en México.
- b. Evaluación de extractos vegetales, ácaros depredadores y extractos vegetales comerciales para el manejo de ácaros fitófagos en el cultivo de aguacate bajo condiciones de laboratorio.
- c. Evaluar en campo las mejores estrategias de bajo impacto ambiental en plantaciones de aguacate comerciales.
- d. Proponer un programa de manejo de ácaros fitófagos del aguacate.

V. HIPÓTESIS

El manejo de la diversidad de artrópodos depredadores y arvenses asociadas al cultivo de aguacate permitirá desarrollar un programa de manejo de ácaros fitófagos con alternativas de bajo impacto ambiental en dos zonas productoras en México.

VI. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1 Ubicación de los sitios de estudio

El presente estudio se realizó en los laboratorios e invernaderos del Instituto Tecnológico del Llano, Aguascalientes y SANAGRI S.A. de C.V., ubicados en Km. 18 Carretera Aguascalientes-San Luis Potosí, El Llano y Carretera Aguascalientes-Villa Hidalgo Km 5.5, Poblado La Cotorra, 20371, Aguascalientes, respectivamente.

Los experimentos de campo se llevaron a cabo en 4 lotes comerciales de aguacate variedad Hass con alta densidad (400 a 700 árboles por ha.). Localizados en La Labor, Calvillo, Aguascalientes, Uruapan, Mich., Atenquique y Cd Guzmán Jalisco a una latitud 21°96'19.4"N; 19°29'18.8"N; 19°31'21.2"N; 19°47'45"N, longitud 102°69'61.11"W; 102°02'21.8"W; 103°26'31.9"W; 103°26'5"W y altitud 1740, 1620, 1164, 2072 m.s.n.m., respectivamente.

6.2 Diversidad de artrópodos y arvenses asociados al cultivo de aguacate

Las colectas se realizaron durante los meses de julio-agosto de 2019, febrero-marzo 2020 y febrero-marzo 2021. Cada lote experimental consistió en una superficie de 2500 m².

6.2.1 Colecta de especímenes e identificación de ácaros

La captura y muestreo de especímenes de los ácaros asociados al cultivo de aguacate se realizó por medio de la técnica propuesta por Jeepson *et al.*, (1975) y Krantz y Walter (2009), la cual consiste en inspección directa sobre hojas de aguacate con síntomas visibles de ataque de ácaros con la ayuda de una lupa 30X.

6.2.1.1 Colecta en Uruapan, Michoacán y La Labor, Calvillo, Aguascalientes

En el lote ubicado en Uruapan, Mich., se muestrearon 10 árboles por cada unidad experimental de 2500 m², se tomaron 3 estratos de la planta (bajo, medio, alto) y se tomó 1 hoja por cada cuadrante (N, S, E, O), dando un total de 40 hojas muestreadas por estrato, y un total de 120 hojas por cada unidad experimental.

En los muestreos e identificación en los lotes de La Labor, Calvillo Aguascalientes se muestrearon solamente 16 hojas con síntomas visibles de daños de ácaros y se llevaron al invernadero para reproducir y posteriormente proceder a la identificación de las especies presentes.

Ambos muestreos se realizaron utilizando la técnica propuesta por Jeepson *et al.*, (1975) y Krantz y Walter (2009), que consiste en inspección directa sobre hojas de aguacate. Se eligieron al azar 10 árboles y se cortaron 2 hojas por árbol con síntomas visibles de daños de ácaros, dando un total de 20 hojas. Se transportaron en un refrigerador portátil marca WAGAN TECH de 14 litros conectado a la toma de corriente del vehículo a una temperatura de 20 °C.

6.2.1.1.1 Identificación de ácaros

Las muestras del lote Uruapan, Michoacán fueron llevadas al laboratorio de diagnóstico fitosanitario del Comité Estatal de Sanidad Vegetal en Irapuato, Gto para su identificación. La identificación de los ácaros de la parcela Aguascalientes se realizó en el laboratorio de entomología y acarología de la Universidad Autónoma Antonio Narro, Saltillo, Coahuila.

Al sumergir y agitar físicamente las hojas de aguacate en un frasco con alcohol al 70 %, se extrajeron los ácaros de las hojas. Para el examen y la preparación de las muestras en el estereoscopio, se sacaron las hojas y los ácaros del fondo del frasco se colocaron en una placa de Petri.

El ácaro se colocó directamente en una gota de medio de montaje (como el medio de Hoyer, o una mezcla de PVA o alcohol polivinílico) en el centro del portaobjetos usando una sonda con un alfiler diminuto en el extremo y una punta

ganchuda, y un cubreobjetos (12 mm de diámetro) se colocó lentamente sobre el medio de montaje. Los portaobjetos y los cubreobjetos se secaron en un horno durante dos días a dos semanas a una temperatura de 40 a 50 °C. Para evitar que el agua penetrara en el medio y dañara el ensamblaje, se sellaron alrededor del cubreobjetos portaobjetos con un medio a base de agua (medio de Hoyer; no PVA) usando pintura aislante Glyptal. Esto se hizo usando un pincel o un aplicador de botella de polietileno.

Dado que un microscopio compuesto invierte la imagen, las muestras se colocaron dorsoventralmente (con el vientre hacia abajo) en el portaobjetos con las partes bucales más cercanas al usuario. Cuando un espécimen no se podía colocar de lado, el aedeagus se giraba lateralmente presionando el cubreobjetos, y su posición se verificaba y ajustaba cambiando entre estereoscopio y observación con microscopio compuesto. El origen, el huésped, el hábitat, el método de recolección, la fecha y el recolector se anotaron en las etiquetas (NAPPO, 2014). Para la identificación se empleó un microscopio marca VELAB 40X y claves taxonómicas únicas para ácaros fitófagos y depredadores (Krantz y Walter, 2009; Ochoa *et al.*, 1994; Navarro-Campos *et al.*, 2016; Ferragut, 2015; Moraza y Balanzategui, 2015)

6.2.2 Colecta de especímenes e identificación de arvenses

La colecta de arvenses se realizó en 2 lotes comerciales del cultivo de aguacate variedad hass, uno ubicado en Cd Guzmán Jalisco, México, y el segundo en ubicado en La Labor, Calvillo, Aguascalientes, México con manejo convencional.

Se realizó un recorrido en zigzag por la parcela experimental de 2500 m² colectando las diferentes arvenses presentes en los campos.

La recolecta se realizó bajo el protocolo de la Norma Oficial Mexicana NOM-043-FITO-1999, en la cual cita la manera correcta de la toma de muestras de arvenses. Durante el recorrido se colectaron plantas con todos sus órganos vegetativos (hojas, tallos y raíces) y órganos reproductivos (flores (abiertas y cerradas) frutos). Todos los ejemplares se prensaron el mismo día. La prensa fue

construida de madera de 50 cm de ancho y 50 cm de largo, con la ayuda de reglas de 2 cm de grosor a una distancia de 10 cm cada uno. Posteriormente se procedió a colocarlas en cartón corrugado y papel periódico y al final se amarraron con un hilo de rafia para atar la prensa. Una vez colectadas y prensadas las arvenses presentes en el cultivo de aguacate, se procedió a secarlas a temperatura ambiente en un lugar con focos para que la temperatura alcanzara de 40 a 60 °C colocando la prensa de forma vertical. Se cambió el periódico todos los días para eliminar la humedad hasta lograr que la planta se encontrara bien seca y lista para identificar (SAGARPA/SENASICA, 2019).

Al final, las arvenses identificadas, se agruparon de acuerdo con la bibliografía como arvenses repelentes, con efecto acaricida y/o con efectos atrayentes, para después procesarlas y obtener un extracto de estas.

Dichas colectas se realizaron durante los meses de julio-agosto de 2019 en lote La Labor, Calvillo, Aguascalientes y en lote de Cd. Guzmán en enero-julio de 2020.

6.2.2.1 Identificación de arvenses

Con base en las clasificaciones taxonómicas de Espinosa y Sarukhan (1997) y Calderón y Rzedowski (2001 y 2004), se utilizaron rasgos morfológicos para identificar arvenses asociadas al cultivo del aguacate.

6.3 Evaluación de extractos etanólicos de arvenses y extractos vegetales comerciales en el control de ácaros fitófagos en el cultivo de aguacate

El presente experimento se realizó en los laboratorios e invernaderos del Instituto Tecnológico del El Llano, Aguascalientes y el laboratorio de pruebas de plaguicidas SANAGRI S.A. de C.V., localizado en carretera Aguascalientes-Villa Hidalgo Km 5.5, Poblado La Cotorra, 20371 Aguascalientes durante los meses de julio-agosto de 2019 y febrero-marzo 2020.

6.3.1 Elaboración de extractos vegetales

Se colectó la planta completa, tallo, hojas, frutos y raíz. Se transportaron en costales de manta para evitar la humedad por efectos de la transpiración y contaminación de las muestras de arvenses y se llevaron al laboratorio SANAGRI. Se colocaron a secar a temperatura ambiente 28 ± 32 °C a la sombra y a la oscuridad en el laboratorio por un mes para lograr tener completamente secas las muestras.

Una vez secas; se molieron en molino eléctrico de alta velocidad, tambor de acero inoxidable grado alimenticio, marca registrada “Semillas de vida” con capacidad de 2,000 gramos y a una velocidad de 32,000 rev/min durante 5 minutos, hasta obtener un tamaño de partícula de 0.5 a 10 mm y se almacenaron en frascos de polietileno completamente sellados.

Para la elaboración de los extractos vegetales se utilizó alcohol etílico al 96 %, colocando 100 g de material vegetal y 200 mL de alcohol en un frasco de plástico blanco con capacidad de 2 L, para obtener un extracto etanólico al 50 %. Dicha mezcla se dejó reposar por 24 h a la oscuridad y luego se filtró con ayuda de papel filtro y los extractos obtenidos se envasaron en botellas de plástico color ámbar y se almacenaron a la oscuridad. Una muestra de *A. mexicana* fue enviada a la Universidad de Arizona en Yuma, A.Z., para elaboración del extracto.

6.3.2 Cría de ácaros fitófagos

6.3.2.1 Cría de ácaros fitófagos en plantas de aguacate

Del poblado de La Labor, Calvillo, Aguascalientes, México, se estableció una colonia madre de ácaros de hojas de aguacate variedad hass., bajo manejo convencional. Se multiplicaron en condiciones de invernadero a una temperatura de 26 ± 2 °C, humedad relativa de 70 ± 10 % y fotoperiodo de 12:12 luz:oscuridad.

En 2 árboles criollos de aguacate se colocaron 10 hojas. Cada hoja fue fijada con 2 cm de cinta masking tape marca FANDELI de ½ pulgada de ancho en el envés de la hoja (envés con envés). Una vez colocados los ácaros en las plantas de aguacate, una planta se colocó en una jaula de madera y tela antimosquitos de 1 m

de alto X 0.5 m de ancho y 0.5 m de fondo a temperatura de 28 °C y la otra planta a temperatura 26±2°C. Humedad relativa de 70 ± 10 %. El desarrollo del crecimiento de las colonias de ácaros se evaluó 24 horas durante 30 días.

6.3.2.2 Cría de ácaros fitófagos en plantas de frijol

Con el objeto de obtener material para los bioensayos, se sembraron 5 macetas durante 4 semanas con 2 plantas de frijol *var.*, peruano. A los 8 días de nacidas las plantas de frijol, éstas fueron infestadas con ácaros de plantas de aguacate de invernadero previamente infestadas con ácaros provenientes del campo localizado en la La Labor, Calvillo, Aguascalientes, México con manejo convencional de ácaros. Se colocó una hoja de aguacate con ácaros sobre el envés de las hojas de las plantas de frijol para su multiplicación. Cada hoja fue fijada con 2 cm de cinta masking tape marca FANDELI de ½ pulgada de ancho en el envés de la hoja (envés con envés). Las plantas de frijol se regaron con 100 mL de agua diariamente. Se mantuvieron a una temperatura de 26±2 °C y una humedad relativa de 70 ± 10 % en invernadero.

6.3.3 Experimentos de laboratorio

6.3.3.1 Bioensayo de laboratorio 1

Una vez llevada la reproducción masiva de ácaros fitófagos en invernadero en plantas de aguacate, se procedió al establecimiento del bioensayo 1, el cual fue llevado a cabo utilizando un diseño de bloques completamente al azar con 8 tratamientos y 3 repeticiones. Los tratamientos fueron, testigo absoluto (agua), extractos comerciales, CapsilAlil® (extracto de ajo 23.4% + extracto de chile 7.6%) y Azadirect® (azadiractina 1.2%, equivalente a 11.82 g.i.a./L), además de los extractos etanólicos de las plantas de *R. luteola*, *P. alliacea*, *I. hartwegii* y *A. indica*, (hojas), fueron evaluados sobre discos de hojas de frijol. El octavo tratamiento con CapsilAlil en discos de hojas de maíz a las dosis citadas en el Cuadro 4. Para ello se utilizaron cajas Petri de plástico de 9 cm de diámetro, colocando 5 g de algodón. Con ayuda de una jeringa de plástico graduada de 50 mL se adicionaron 50 mL de agua destilada.

Con un sacabocados de cobre de $\frac{3}{4}$ de pulgada de diámetro, se cortaron círculos de hojas de frijol *var* peruano previamente sembradas en invernadero. Se preparo la solución con los tratamientos y dosis Cuadro 4 en frascos de 100 mL, y se sumergieron los círculos o bocados de hojas de frijol durante 5 segundos (Frutos-Mora, 2017). Posteriormente se colocaron en el centro de las cajas Petri y se dejaron secar.

Con ayuda de una lupa 30X, una lámpara y pinceles finos de pelo de camello, se colocaron 5 ácaros *O. perseae* por caja Petri conteniendo círculos de hojas de frijol tratados con los tratamientos por el método de inmersión citado por Frutos-Mora, (2017).

La variable evaluada fue número de adultos de ácaros muertos por tratamiento a las 24, 48 y 72 h después del tratamiento. Se realizó un análisis de varianza y la prueba de rangos múltiples Tukey 95 %.

Cuadro 4. Tratamientos evaluados en bioensayo de laboratorio 1 con extractos etanólicos de arvenses y extractos vegetales comerciales en el control del ácaro cristalino del aguacate (*Oligonychus perseae*).

Tratamiento	Extracto	Dosis mL/L agua
1	Testigo absoluto	-----
2	CapsiAlil (extracto comercial de ajo y chile)	2.50
3	AzaDirect (extracto comercial de nim)	2.50
4	<i>Reseda luteola</i>	10.00
5	<i>Petiveria alliacea</i>	10.00
6	<i>Azadirachta indica</i> (hojas de nim)	10.00
7	<i>Isocoma hartwegii</i>	10.00
8	CapsiAlil en hojas de maíz	2.50

6.3.3.2 Bioensayo de laboratorio 2

Una vez llevada la reproducción masiva de ácaros fitófagos en invernadero en plantas de aguacate, se procedió al establecimiento del bioensayo 2, el cual fue establecido bajo un diseño de bloques completamente al azar con 7 tratamientos y 3 repeticiones. Todos los tratamientos fueron colocados en discos de $\frac{3}{4}$ de pulgada de diámetro de hojas de aguacate conteniendo 5 ácaros por cada disco. En este bioensayo, los ácaros tratados provenían directamente de hojas de aguacate, por lo que no se manipularon para evitar ser dañados. Para ello se utilizaron cajas Petri de plástico de 9 cm de diámetro, colocando 5 g de algodón y con ayuda de una jeringa de plástico graduada de 50 mL, se adicionaron 50 mL de agua destilada.

Cuadro 5. Tratamientos evaluados en bioensayo de laboratorio 2 con extractos etanólicos de arvenses y extractos vegetales comerciales en el control del ácaro cristalino del aguacate (*Oligonychus perseae*).

Tratamiento	Extracto	Dosis mL/L agua
1	Testigo absoluto	-----
2	<i>Reseda luteola</i>	10.00
3	<i>Petiveria alliacea</i>	10.00
4	<i>Azadirachta indica</i> (hojas de nim)	10.00
5	<i>Isocoma hartwegii</i>	10.00
6	CapsiAlil (extracto comercial de ajo y chile)	2.50
7	AzaDirect (extracto comercial de nim)	2.50

Se utilizó un sacabocados de cobre de $\frac{3}{4}$ de pulgada de diámetro para cortar círculos de hojas de aguacate. Colocando 5 ácaros móviles provenientes de invernadero. La solución se preparo con los tratamientos a las dosis descritas en el

Cuadro 5 en frascos de 100 mL, y se sumergieron los círculos o bocados de hojas de aguacate con los 5 ácaros durante 5 segundos por el método de inmersión citado por Frutos-Mora, (2017). Posteriormente se colocaron en el centro de las cajas Petri, se dejaron secar y se revisaron con ayuda de una lupa 30X la presencia de los 5 ácaros.

La variable evaluada fue número de adultos de ácaros muertos por tratamiento a las 24, 48, 72, 96 y 120 h después del tratamiento. Se realizó un análisis de varianza con el paquete estadístico SAS versión 9.1 y la prueba de rangos múltiples Tukey 95 %.

El conteo se realizó de manera visual y con ayuda de un microscopio estereoscopio y una lupa 30X.

6.4 Evaluación en campo de extractos etanólicos de arvenses y extractos vegetales comerciales para el manejo de ácaros plaga en aguacate

Una vez realizados los bioensayos de laboratorio para determinar cuáles extractos etanólicos de arvenses y extractos vegetales comerciales fueron los más eficientes en el control de los ácaros asociados al cultivo de aguacate se procedió con la fase de evaluación en campo de estos.

6.4.1 Experimento de campo en Uruapan, Michoacán

En Uruapan, Michoacán, México, una plantación comercial de aguacate Hass sirvió como sitio para este estudio. En esta investigación se utilizaron cinco tratamientos y cuatro repeticiones, la cual utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar. Dos árboles de aguacate sembrados en un marco real de 9 m por 9 m sirvieron como unidad experimental.

Los tratamientos aplicados fueron, CapsiAlil y Progranic CinnAcar 15 % EW (extracto comercial de canela: *Cinnamomum* spp.), comparados con un testigo absoluto (agua) como se muestra en el Cuadro 6.

Para la aplicación se utilizó un aspersor motorizado marca STHIL con capacidad de 25 L que fue calibrado para asperjar 1000 L/ha de agua. En el envés de las hojas se evaluaron ninfas y adultos de *O. perseae*, mientras que en el haz se evaluaron ninfas y adultos de *O. punicae*. Por unidad experimental se registró la infestación en 10 hojas de aguacate. Se realizaron tres aplicaciones, una cada siete días. Se realizaron tres evaluaciones después de la aplicación y una previa. Los datos de infestación registrados se sometieron a un análisis de varianza y una prueba de comparación de medias (Tukey al 5%) utilizando el software estadístico SAS 9.0. Por último, la eficacia biológica de tratamientos se utilizó fórmula de Abbott (Abbott, 1925).

$$ET = \frac{IT-it}{IT} * 100$$

Donde: ET = Eficacia del tratamiento, IT = Número de ninfas y/o adultos en el testigo sin aplicar y it = Número de ninfas y/o adultos en cada tratamiento con extractos vegetales.

Cuadro 6. Extractos vegetales comerciales evaluados en el ensayo de campo 1 para el control del ácaro cristalino (*Oligonychus perseae*) y café (*Oligonychus punicae*) en aguacate, Uruapan, Michoacán.

Tratamiento	Extracto comercial	Dosis L/ha agua
1	Testigo absoluto	-----
2	CapsiAlil (extracto comercial de ajo y chile)	0.50
3	CapsiAlil (extracto comercial de ajo y chile)	1.00
4	CapsiAlil (extracto comercial de ajo y chile)	1.50
5	Progranic CinnAcar (extracto comercial canela)	2.50

6.4.2 Experimento de campo en Atenquique, Jalisco

En Atenquique, Jalisco, una huerta comercial de aguacate Hass sirvió como sitio de esta investigación. La unidad experimental para este estudio consistió en un árbol plantado en un marco real de 9 m por 9 m, y se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con 15 tratamientos y cuatro repeticiones. El Cuadro 7 muestra los tratamientos aplicados.

Cuadro 7. Extractos etanólicos de arvenses y comerciales evaluados en el ensayo de campo 2 para el control del ácaro cristalino (*Oligonychus perseae*) y ácaro café (*Oligonychus punicae*) en aguacate, Atenquique, Jalisco.

No.	Extractos Etanólicos y comerciales	Nombre común	mL/L de agua
1	Testigo absoluto	Agua	
2	Capsialil	Extracto comercial de ajo y chile	2.5
3	Azadirect	Extracto comercial de Nim	2.5
4	Extracto etanólico de chicalote	<i>Argemone mexicana</i>	10
5	Extracto etanólico de romero	<i>Salvia rosmarinus</i>	10
6	Extracto etanólico de gengibre	<i>Zingiber officinale</i>	10
7	Extracto etanólico de hierba del zorrillo	<i>Petiveria alliacea</i>	10
8	Extracto etanólico de trompillo	<i>Solanum elaeagnifolium</i>	10
9	Extracto etanólico de verbena	<i>Verbena neomexicana</i>	10
10	Extracto etanólico de Isocoma	<i>Isocoma hartwegii</i>	10
11	Extracto etanólico de verbesina	<i>Verbesina encelioides</i>	10
12	Extracto etanólico de reseda	<i>Reseda luteola</i>	10
13	Extracto etanólico de tabaquillo	<i>Nicotiana glauca</i>	10
14	Abamectina 1.8 CE	Abamectina	1.2 L/ha
15	Extracto chicalote U.Arizona	<i>Argemone mexicana</i>	10

Para la aplicación se utilizó un aspersor motorizado marca Shindaiwa con capacidad de 25 L y equipado con boquillas de cono hueco #8 calibradas para asperjar 500 L/ha de agua. Las variables evaluadas incluyeron la presencia de

depredadores y ácaros fitófagos móviles en el haz y envés de las hojas, así como en los estratos superior e inferior de la planta. Para cada unidad experimental, la infestación de 4 hojas en el estrato inferior y 4 hojas en el estrato superior fueron registradas. Se realizó una sola aplicación. Se realizaron seis evaluaciones: una antes de la aplicación y cinco más a las 24, 48, 72, 144 y 168 horas. Sobre los datos de infestación registrados, se realizó un análisis de varianza, una prueba de comparación de medias (LSD al 5%) y el porcentaje de control utilizando el cálculo de Henderson y Tilton (1955) utilizando el software estadístico SAS 9.0.

VII. RESULTADOS y DISCUSIÓN

7.1 Determinación de la diversidad de artrópodos y arvenses asociadas al cultivo de aguacate en dos zonas productoras de México

7.1.1 Resultados de la diversidad de artrópodos

Cuatro especies de ácaros fueron sido identificadas, dos fitófagos y dos depredadores. Las especies de ácaros fitófagos identificados son: ácaro cristalino de la familia Tetranychidae, *O. perseae*, el cual se encontró en el envés de la hoja haciendo colonias y nidos (Figura 1 y 2), lo cual es concordante a lo citado por Jeppson *et al.*, (1975) y ácaro marrón o rojo *O. punicae* localizado en el haz de la hoja (Figura 2). Las especies de ácaros depredadores identificados fueron: *N. californicus* (McGregor) y *A. swirskii* de la familia Phytoseiidae (Figura 3) el cual es citado por Estrada-Venegas *et al*, (2002), en estudios realizados en Michoacán, México.



Figura 1. Hembra (izquierda) y macho (derecha) de *Oligonychus perseae* identificados en plantas de aguacate en la localidad de La Labor, Calvillo, Aguascalientes, México



Figura 2. Nidos de *Oligonychus perseae* identificados en el envés de las hojas (izquierda) y daños de *Oligonychus punicae* en el haz de la hoja en plantas de aguacate.



Figura 3. Ácaro depredador (*Neoseiulus californicus*) localizado depredando *Oligonychus perseae* en huerta de aguacate en localidad de La Labor, Calvillo, Aguascalientes, México.

7.1.2 Resultados de la diversidad de arvenses

Se identificaron 31 especies de arvenses asociadas al cultivo de aguacate de las cuales 25% fueron de la familia Asteraceae y el 16% de la familia Poaceae.

Las arvenses identificadas con efecto sobre ácaros fitófagos asociadas al cultivo de aguacate fueron: chicalote (*Argemone mexicana*), romero (*Salvia rosmarinus*), trompillo (*Solanum elaeagnifolium*), reseda (*Reseda luteola*), isocoma

(*Isocoma hartwegii*, tabaquillo (*Nicotiana glauca*), verbena (*Verbena neomexicana*), hierba de la bruja (*Verbesina encelioides*), y hierba del zorrillo (*Petiveria alliacea*).

Los Cuadros 8, 9 y 10 enumeran las especies de arvenses que se encontraron en las huertas de aguacate en La Labor, Calvillo, Aguascalientes y Cd., Guzmán, Jalisco. Además de tener una variedad de efectos nocivos sobre los insectos plaga, Alfonso (2002) cita a *Bidens pilosa* como una planta con cualidades insecticidas porque incluye alcaloides, el grupo con mayor diversidad en metabolitos secundarios.

Cuadro 8. Arvenses presentes en lote experimental ubicado en la localidad de La Labor, Calvillo, Aguascalientes, México, 2019.

Nombre Común	Nombre Científico	Familia
Quelite cenizo	<i>Chenopodium berlandieri</i> Moq.	Chenopodiaceae
Chicalote	<i>Argemone mexicana</i> L.	Papaveraceae
Hierba mora	<i>Solanum nigrescens</i> Mart. & Gal.	Solanaceae
Gordolobo	<i>Gnaphalium viscosum</i> Kunth	Asteraceae
Borraja	<i>Sonchus oleraceus</i> L.	Asteraceae
Lengua de vaca	<i>Rumex crispus</i> L.	Polygonaceae
Zacate carretero	<i>Rhynchelytrum repens</i> (Willd.) C.E. Hubb.	Poaceae
Mala mujer	<i>Solanum rostratum</i> Dunal.	Solanaceae
Tronadora o buena moza	<i>Nicotiana glauca</i> Graham.	Solanaceae
Malva	<i>Malva parviflora</i> L.	Malvaceae
Aceitilla	<i>Bidens pilosa</i> L.	Asteraceae
Flor amarilla	<i>Aldama dentata</i> Llave&Lex.	Asteraceae
Cadillo	<i>Cenchrus echinatus</i> L.	Poaceae
Pata de gallina	<i>Eleusine multiflora</i> Hochst. Ex A. Rich.	Poaceae
Zacate buffel	<i>Pennisetum ciliare</i> (L.) Link	Poaceae
Higuerilla	<i>Ricinus communis</i> L	Euphorbiaceae
Grama	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	Poaceae

Descripción basada en claves taxonómicas de Calderón y Rzedowski, 2001 y 2004; Espinosa y Sarukhan, 1997, Villareal-Q, 1983

Por su parte, Carrillo-Rodriguez *et al.*, (2011), evaluaron bajo condiciones de laboratorio extractos etanólicos de *R. comunis*, *C. ambrosioides*, *A. mexicana*, en el control de *T. urticae* en dosis de 1, 5, 10, 15 y 20 % y todos presentaron efecto significativo de mortalidad por arriba del 50 %. Específicamente, *R. communis*, *C. ambrosioides*, en dosis de 10 a 20 %, mostraron una mortalidad estadísticamente similar al testigo químico (abamectina).

Cuadro 9. Arvenses presentes en lote experimental ubicado en la localidad de Cd. Guzmán, Jalisco, México, 2020.

Nombre Común	Nombre Científico	Familia
Hierba mora	<i>Solanum nigrescens</i> Mart. & Gal.	Solanaceae
Gordolobo	<i>Gnaphalium viscosum</i> Kunth	Asteraceae
Borraja	<i>Sonchus oleraceus</i> L.	Asteraceae
Lengua de vaca	<i>Rumex crispus</i> L.	Polygonaceae
Mostaza	<i>Brassica campestris</i> L.	Brassicaceae
Carretilla o trébol	<i>Medicago polymorpha</i> L.	Fabaceae
Jaboncillo	<i>Anagallis arvensis</i> L.	Primulaceae
Quelite de perro	<i>Chenopodium murale</i> L.	Chenopodiaceae

Descripción basada en claves taxonómicas de Calderón y Rzedowski, 2001 y 2004; Espinosa y Sarukhan, 1997 Villareal-Q, 1983

Cuadro 10. Otras arvenses encontradas y colectadas asociadas al cultivo de aguacate.

Nombre Común	Nombre Científico	Familia
Trompillo	<i>Solanum elaeagnifolium</i> L.	Solanaceae
Isocoma	<i>Isocoma</i> spp.	Asteraceae
Reseda	<i>Reseda luteola</i> L.	Resedaceae
Verbena	<i>Verbena noemexicana</i> (A.Gray) Small	Verbenaceae
Vermesina	<i>Verbesina encelioides</i> (Cav.) Benth. & Hook. f. ex A. Gray	Asteraceae
Hierba del zorrillo	<i>Petiveria alliacea</i> L.	Phytolacaceae

7.2 Resultados de la evaluación en laboratorio de extractos vegetales comerciales y extractos etanólicos de arvenses en el control de ácaros fitófagos en el cultivo de aguacate

7.2.1 Resultados de la cría de ácaros fitófagos

7.2.1.1 Resultados de la cría de ácaros fitófagos en plantas de aguacate

En este estudio la primera cría de ácaros fitófagos y depredadores provenientes de hojas de árboles de aguacate variedad hass en invernadero, de la localidad La Labor, Calvillo, Aguascalientes, México con manejo convencional; la infestación de ácaros fitófagos y depredadores se incrementó en un 100% a las 72 h después de la infestación para ambos ácaros.

7.2.1.2 Resultados cría de ácaros fitófagos en plantas de frijol

El segundo estudio de cría de ácaros fitófagos y depredadores provenientes de hojas de árboles de aguacate variedad hass, de la localidad La Labor, Calvillo, Aguascalientes, México con manejo convencional en plantas de frijol *var* peruano bajo invernadero; la infestación de ácaros fitófagos y depredadores se incrementó en un 50% a las 24 h después de la infestación en hojas de frijol *var* peruano en invernadero para ambos ácaros. Sin embargo, estos murieron a las 72 h después de la infestación.

7.2.2 Resultados de bioensayo de laboratorio 1

El número de ácaros colocados en los discos de frijol de $\frac{3}{4}$ de pulgada antes de la aplicación de los tratamientos fue de 5 individuos móviles por caja petri. Los resultados de los análisis de varianza muestran que a las 24, 48 y 72 h después de aplicar, los tratamientos con mayor mortalidad numérica fueron, Azadirect y *R. luteola*; sin embargo, todos los tratamientos fueron iguales estadísticamente (Cuadro 11). En este primer bioensayo sobre el ácaro cristalino del aguacate *O. perseae*, se presentó mortalidad en el testigo sin aplicación, esto pudo deberse a el manejo de los ácaros al ser transferidos a los círculos del frijol en las cajas Petri.

Cuadro 11. Separación de medias para la variable número de ácaros muertos de *Oligonychus perseae* en bioensayo de laboratorio 1 para la evaluación de extractos etanólicos de arvenses y extractos vegetales comerciales, La Labor, Calvillo, Aguascalientes, 2019.

Tratamientos	Dosis mL/L agua	Ácaros vivos 0 dda	Número de ácaros muertos			
			Antes	24 h dda	48 h dda	72 h dda
1. Testigo absoluto	NA	5.00 a	0.00 a	3.33 a	5.00 b	5.00 b
2. CapsiAlil	2.50	5.00 a	0.00 a	4.67 a	5.00 b	5.00 b
3. AzaDirect	2.50	5.00 a	0.00 a	5.00 a	5.00 b	5.00 b
4. <i>Reseda luteola</i>	10.00	5.00 a	0.00 a	5.00 a	5.00 b	5.00 b
5. <i>Petiveria alliacea</i>	10.00	5.00 a	0.00 a	3.67 a	4.67 ab	4.67 ab
6. <i>Azadirachta indica</i>	10.00	5.00 a	0.00 a	4.33 a	5.00 b	5.00 b
7. <i>Isocoma hartwegii</i>	10.00	5.00 a	0.00 a	3.00 a	3.67 b	3.67 ab
8. CapsiAlil en hojas de maíz	2.50	5.00 a	0.00 a	4.67 a	5.00 b	5.00 b

Los tratamientos con la misma letra son estadísticamente igual. Comparación múltiple de medias DSH Tukey P<0.05.

7.2.3 Resultados de bioensayo de laboratorio 2

Los resultados de los análisis de varianza muestran que a las 24 h después de aplicar, los tratamientos que mayor mortalidad de *O. perseae* fueron CapsiAlil y AzaDirect a la dosis de 2.50 mL/L agua, seguido estadísticamente por *P. alliacea* a la dosis de 10 mL/L agua con controles del 100, 100 y 40 % respectivamente (Cuadro 12, Figura 4). Esto, probablemente debido a que a pesar de que *P. alliacea* no es una planta *Allium* produce alinasas (Musah *et al.*, 2009), principales sustancias responsables de la repelencia y efecto acaricida en los extractos de plantas de género *Allium* (García-Gutiérrez *et al.*, 2012). En contraste, con el extracto etanólico de *A. indica*, a la dosis de 10 mL/L de agua, no se observó el mismo efecto que con el extracto comercial de nim (AzaDirect®) debido probablemente a que la Azadiractina,

principal limonoide responsable de la actividad acaricida se degrada rápidamente por la acción de la luz solar (Caboni *et al.*, 2002) y en el extracto comercial contiene estabilizantes en su formulación.

Cuadro 12. Separación de medias para la variable número de ácaros muertos de *Oligonychus perseae* en bioensayo de laboratorio 2 para la evaluación de extractos etanólicos de arvenses y extractos vegetales comerciales, La Labor, Calvillo, Aguascalientes, 2019.

Tratamientos	Dosis mL/L agua	Ácaros vivos 0 dda	Número de ácaros muertos					
			Antes de los tratamientos	24 h dda	48 h dda	72 h dda	96 h dda	120 h dda
1. Testigo absoluto	NA	5.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.33 a	1.67 a	2.67 a
2. <i>Reseda luteola</i>	10.00	5.00 a	0.00 a	0.33 ab	2.00 b	3.33 bc	3.67 ab	4.00 ab
3. <i>Petiveria alliacea</i>	10.00	5.00 a	0.00 a	2.00 b	2.00 b	2.67 b	4.33 b	4.67 ab
4. <i>Azadirachta indica</i>	10.00	5.00 a	0.00 a	0.33 ab	1.67 ab	2.33 ab	3.00 ab	3.33 ab
5. <i>Isocoma hartwegii</i>	10.00	5.00 a	0.00 a	1.67 ab	2.33 b	3.33 bc	3.33 ab	3.67 ab
6. CapsiAlil	2.50	5.00 a	0.00 a	5.00 c	5.00 c	5.00 c	5.00 b	5.00 b
7. Azadirect	2.50	5.00 a	0.00 a	5.00 c	5.00 c	5.00 c	5.00 b	5.00 b

Los tratamientos con la misma letra son estadísticamente igual. Comparación múltiple de medias DSH Tukey P<0.05.

También se observó que a las 72 h los ácaros en el tratamiento testigo se comenzó a presentar mortalidad probablemente debido a la edad de estos.

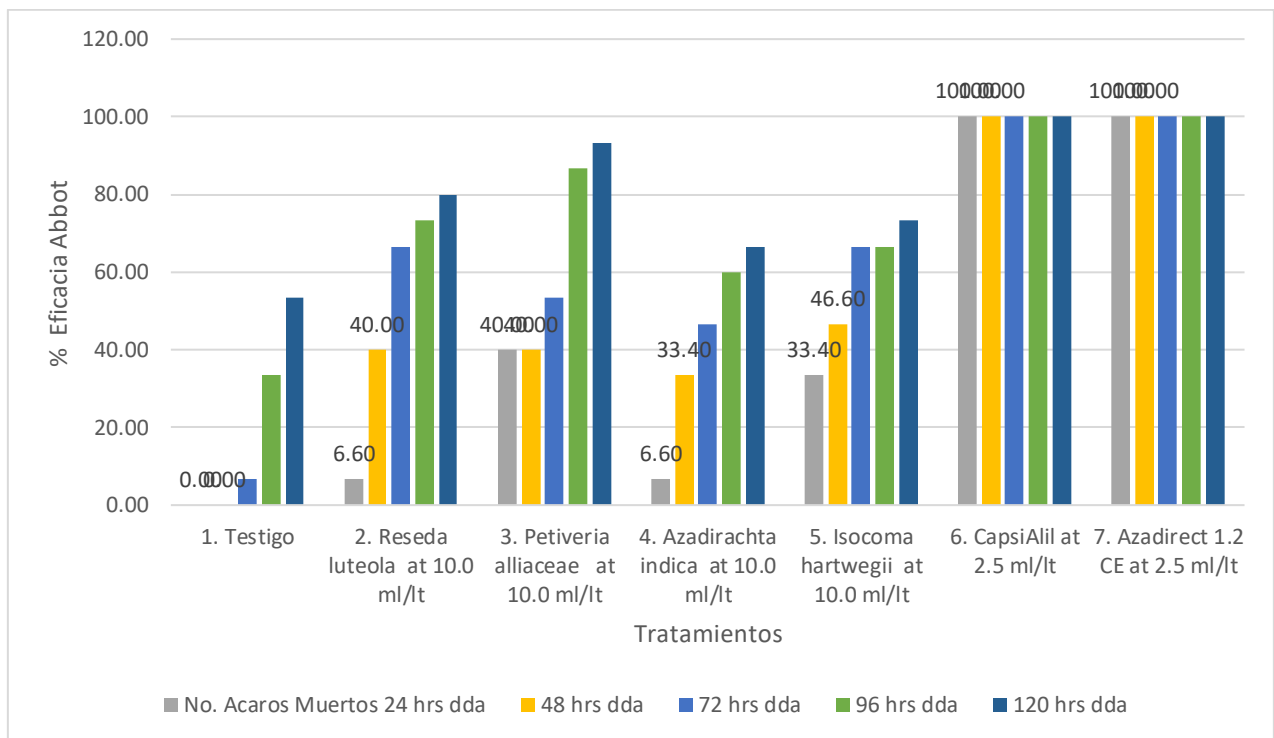


Figura 4. Porcentaje de control de *Oligonychus perseae* a cinco fechas de evaluación en bioensayo de laboratorio para la evaluación de extractos etanólicos de arvenses y extractos vegetales comerciales, La Labor, Calvillo, Aguascalientes, 2019.

7.3 Resultados de la evaluación en campo de extractos vegetales comerciales y extractos etanólicos de arvenses en el control de ácaros fitófagos en el cultivo de aguacate

7.3.1 Resultados del experimento de campo en Uruapan, Michoacán

7.3.1.1 Resultados del control de *Oligonychus perseae*

De acuerdo con los resultados obtenidos, CapsiAlil disminuyó drásticamente la infestación de ninfas y adultos desde la primera aplicación con la dosis más baja y aunque fue menos efectivo el extracto de canela, también presentó buenos resultados de control en comparación al testigo (Cuadro. 13 y 14).

De acuerdo con la prueba de comparación de medias, CapsiAlil redujo en más de un 80 % la infestación de ninfas desde la primera aplicación de la dosis intermedia

de 1.0 L/ha (Cuadro 13); para adultos a partir de la segunda aplicación (Cuadro 14). Mientras que el extracto de canela fue menos efectivo, con una reducción máxima de la infestación del 62 % en la primera aplicación para ninfas (Cuadro 13) y para adultos una reducción de la infestación ligeramente por encima del 50 % a las tres fechas de evaluación (Cuadro 14).

Cuadro 13. Efecto de los extractos vegetales comerciales sobre la infestación de ninfas de *Oligonychus perseae* en el cultivo de aguacate.

Tratamientos	Número de ninfas de <i>O. perseae</i> / Eficacia Abbott (%)						
	Pre eval	1ª eval	2ª eval		3ª eval		
1 Testigo absoluto	0.6 a	4.2 a	0.0%	4.5 a	0.0%	4.7 a	0.0%
2 CapsiAlil 0.5 L/ha	0.7 a	1.3 b	68.7%	1.4 bc	69.4%	1.5 bc	68.1%
3 CapsiAlil 1.0 L/ha	0.8 a	0.8 b	80.7%	0.7 bc	83.9%	0.8 c	82.4%
4 CapsiAlil 1.5 L/ha	0.6 a	0.4 b	89.8%	0.6 c	87.2%	0.6 c	87.8%
5 Progranic CinnAcar 2.5 L/ha	0.7 a	1.6 b	62.7%	1.9 b	57.2%	2.0 b	57.4%

Las medias con la misma letra en una columna no fueron significativamente diferentes (Tukey, $P \leq 0.05$)

Cuadro 14. Efecto de los extractos vegetales comerciales sobre la infestación de adultos de *Oligonychus perseae* en el cultivo de aguacate.

Tratamientos	Número de adultos de <i>O. perseae</i> / Eficacia Abbott (%)						
	Pre eval	1ª eval	2ª eval		3ª eval		
1 Testigo absoluto	0.7 a	2.2 a	0.0%	3.4 a	0.0%	3.8 a	0.0%
2 CapsiAlil 0.5 L/ha	0.5 a	0.7 b	70.5%	1.1 b	67.4%	1.3 b	65.3%
3 CapsiAlil 1.0 L/ha	0.7 a	0.5 b	78.4%	0.7 b	80.7%	0.6 b	83.3%
4 CapsiAlil 1.5 L/ha	0.6 a	0.4 b	84.1%	0.5 b	85.9%	0.5 b	87.3%
5 Progranic CinnAcar 2.5 L/ha	0.6 a	1.0 b	54.5%	1.3 b	60.7%	1.7 b	55.3%

Las medias con la misma letra en una columna no fueron significativamente diferentes (Tukey, $P \leq 0.05$)

El porcentaje de control de ninfas y adultos del ácaro cristalino (*O. perseae*) al final de tres aplicaciones de los extractos vegetales comerciales, muestran que la dosis intermedia de CapsiAlil® presentan controles por encima del 80 % y aunque la

dosis baja fue ligeramente menor, si presentó buen efecto para los estados móviles; mientras que para el extracto de canela fue ligeramente por encima de los 50 % para ambos estados móviles (Figura 5).

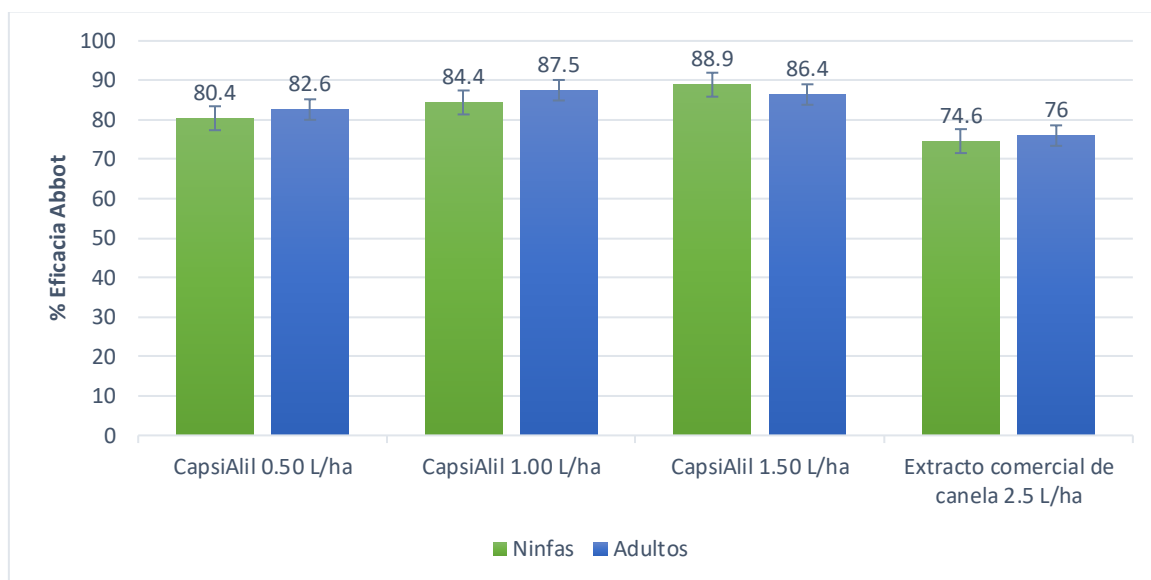


Figura 5. Resultados de la reducción de la infestación de ninfas y adultos de *Oligonychus perseae* con extractos vegetales comerciales, 7 días después de la tercera aplicación en el cultivo de aguacate.

7.3.1.2 Resultados del control de *Oligonychus punicae*

Los resultados obtenidos muestran que CapsiAlil disminuyó la infestación de ninfas y adultos desde la primera aplicación con la dosis más baja y aunque el extracto de canela fue un poco menos efectivo, también presentó buenos resultados de control en comparación al testigo (Cuadro 15 y 16). De acuerdo con la prueba de comparación de medias, CapsiAlil disminuyó en más de un 80 % la infestación de ninfas desde la primera aplicación a la dosis más baja de 0.5 L/ha (Cuadro 15) y para adultos a partir de la dosis intermedia de 1.0 L/ha (Cuadro 16). Mientras que el extracto de canela, con una reducción máxima de la infestación del 72 % en la primera aplicación para ninfas (Cuadro 15) y para adultos con una reducción de la infestación ligeramente por encima del 70 % a las tres fechas de evaluación (Cuadro 16).

Cuadro 15. Efecto de los extractos vegetales comerciales sobre la infestación de ninfas de *Oligonychus punicae* en el cultivo de aguacate.

Tratamientos	Número de ninfas de <i>O. punicae</i> / Eficacia Abbott (%)						
	Pre eval	1ª eval	2ª eval	3ª eval	Pre eval	1ª eval	2ª eval
1 Testigo absoluto	2.9 a	5.6 a	0.0%	5.9 a	0.0%	9.9 a	0.0%
2 CapsiAlil 0.5 L/ha	3.2 a	1.1 b	80.3%	1.1 b	81.9%	2.0 b	80.4%
3 CapsiAlil 1.0 L/ha	3.0 a	1.0 b	82.1%	1.0 b	83.5%	1.6 b	84.4%
4 CapsiAlil 1.5 L/ha	2.9 a	0.8 b	86.5%	0.8 b	87.3%	1.1 b	88.9%
5 Progranic CinnAcar 2.5 L/ha	2.6 a	1.5 b	72.6%	1.4 b	76.4%	2.5 b	74.6%

Las medias con la misma letra en una columna no fueron significativamente diferentes (Tukey, $P \leq 0.05$)

Cuadro 16. Efecto de los extractos vegetales comerciales sobre la infestación de adultos de *Oligonychus punicae* en el cultivo de aguacate.

Tratamientos	Número de adultos de <i>O. punicae</i> / Eficacia Abbott (%)						
	Pre eval	1ª eval	2ª eval	3ª eval	Pre eval	1ª eval	2ª eval
1 Testigo absoluto	3.5 a	7.3 a	0.0%	8.6 a	0.0%	9.2 a	0.0%
2 CapsiAlil 0.5 L/ha	3.3 a	1.7 b	77.1%	1.9 b	78.3%	1.6 b	82.6%
3 CapsiAlil 1.0 L/ha	3.5 a	1.3 b	81.9%	1.5 b	83.2%	1.2 b	87.5%
4 CapsiAlil 1.5 L/ha	2.8 a	1.1 b	85.7%	1.2 b	86.1%	1.3 b	86.4%
5 Progranic CinnAcar 2.5 L/ha	3.9 a	2.2 b	70.0%	2.0 b	77.1%	2.2 b	76.0%

Las medias con la misma letra en una columna no fueron significativamente diferentes (Tukey, $P \leq 0.05$)

El porcentaje de control de ninfas y adultos del ácaro café (*O. punicae*) al final de tres aplicaciones de los extractos vegetales muestran que desde la dosis baja el CapsiAlil presentan controles por encima del 80 %, mientras que para el extracto de canela fue ligeramente por encima de los 70 % para ambos estados móviles (Fig. 6). Los resultados mostraron que la aplicación de una sola dosis no es suficiente para el control de ambos tipos de ácaros en sus estadios de ninfas y adultos, dicho hallazgo concuerda con lo reportado por Li *et al*, (2019), el cual evaluando capsaicinoides naturales en el control de insectos plaga en condiciones de laboratorio y campo, reporta que el efecto de dos aplicaciones fue mejor a una sola aplicación.

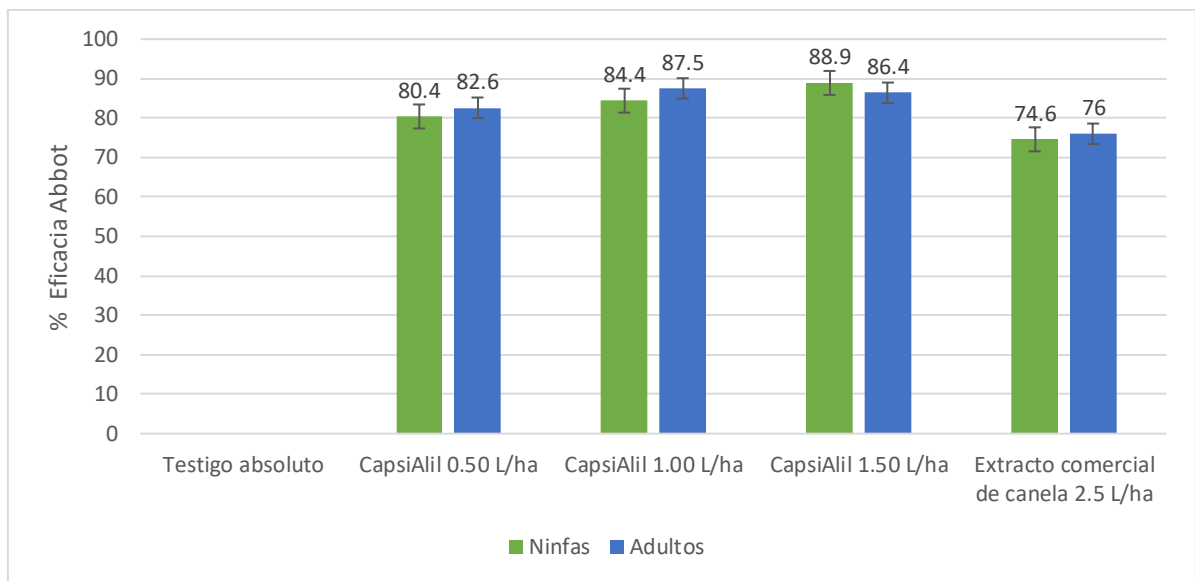


Figura 6. Resultados de la reducción de la infestación de ninfas y adultos de *Oligonychus punicae* con extractos vegetales comerciales, 7 días después de la tercera aplicación en el cultivo de aguacate.

Tanto las ninfas como los adultos del ácaro café (*O. punicae*) fueron más sensibles a la aplicación de CapsiAlil y extracto comercial de canela al reducir la infestación en más del 80 %, mientras que para el caso del ácaro cristalino, los mejores resultados se presentaron a partir de la dosis intermedia, esto probablemente se debe a que el ácaro café se encuentra en el haz de la hoja y la aspersion de los tratamientos es más probable que este en contacto con los estados móviles de este ácaro, por el contrario para el ácaro cristalino, el cual está localizado en el envés de la hoja y siempre se encuentra cubierto por una telaraña en pequeños grupos o nidos, aunado a lo reportado por Li *et al.*, (2019) reportaron que los capsaicinoides naturales son eficaces para el control de insectos, sin embargo, dicha eficacia depende de la sensibilidad de cada especie.

La disminución en la infestación de ambos ácaros presentes en este estudio se presentó con ambos extractos, CapsiAlil y canela, tanto para ninfas como para adultos, este efecto fue probablemente porque los compuestos tóxicos sintetizados como terpenoides y fenólicos actúan directamente como repelentes y disuasivos

(Mithöfer y Boland 2012). Por ejemplo, plantas del género *Allium* como el ajo producen glicoproteínas llamadas alinasas (dialil tiosulfonatos) (Musah *et al.*, 2009), (Attia *et al.*, 2011), los cuales son los principales agentes responsables de la repelencia y/o efecto acaricida (García-Gutiérrez *et al.*, 2012), o los alcaloides contenidos en el extracto de chile (capsaicinoides), que son fuertes disruptores de las membranas celulares de artrópodos de cuerpos blandos. Mientras, el extracto de canela causa excitación del sistema nervioso del ácaro, enmascarando las feromonas involucradas en la reproducción, causando mortalidad, repelencia e inanición al actuar por contacto (Mahdavi *et al.*, 2017). Esto coincide con lo reportado por Firester (2011) en el caso de insectos, quien indica que utilizando tres tipos de extracto vegetales: chile, ajo y abeto, el chile presentó una efectividad del 95 % y para el caso de otros extractos (Gomes *et al.*, 2018). Carrillo-Rodriguez *et al.*, (2011) evaluaron bajo condiciones de laboratorio extractos vegetales de *R. communis*, *C. ambrosioides*, *A. mexicana*, en el control de *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) en dosis de 1, 5, 10, 15 y 20 % y todos presentaron una mortalidad por arriba del 50 %. Específicamente, *R. communis*, *C. ambrosioides*, en dosis de 10 a 20 %, mostraron una mortalidad estadísticamente similar al testigo químico (abamectina).

Finalmente, el uso de extractos de origen vegetal son una alternativa viable para el manejo de ácaros en el cultivo de aguacate, ya que además de presentar un efecto de control rápido carecen de persistencia y bioacumulación en el medio ambiente, lo que no ocurre con los agroquímicos sintéticos (Rahman *et al.*, 2016).

7.3.2 Resultados del experimento de campo en Atenquique, Jalisco, 2021

Cuatro especies de ácaros fueron identificadas en el cultivo de aguacate en Atenquique Jalisco, México en 2021, dos fitófagas, *O. perseae* y *O. punicae* localizada en el envés y haz de la hoja respectivamente como son citados por Jeppson *et al.*, (1975) y Estrada-Venegas *et al.*, (2002); además de dos especies de ácaros depredadores *N. californicus* y *A. swirskii* ambas en el envés de la hoja depredando a *O. perseae*.

7.3.2.1 Resultados del control de *Oligonychus punicae*

Los resultados obtenidos muestran que los extractos etanólicos de arvenses que disminuyeron la infestación de estados móviles desde la primera aplicación fueron: *P. alliacea*, *A. mexicana* y *A. mexicana* formulada en la Universidad de Arizona, *R. luteola*, *V. neomexicana* y *Z. officinale* (Cuadro 17) con controles por encima del 80 % (Figura 7). Estos resultados coinciden con lo reportado con Firester (2011) que encontró que los extractos vegetales: chile, ajo y abeto tuvieron una efectividad del 95 %, posiblemente por el efecto de dialil tiosulfonatos (Musah *et al.*, 2009; Attia *et al.* 2011), que son los principales agentes responsables de la repelencia y/o efecto acaricida del ajo (García-Gutiérrez *et al.*, 2012) para el caso de *Petiveria* y el alcaloide isoquinolina berberina y la sangunerina presente en *Argemone* ya que se ha demostrado que la sanguinarina [13-metil (1,3) benzodioxolo(5,6-c)-1,3-dioxolo (4,5)fenantridinio] es una toxina que mata las células animales mediante su acción sobre la proteína transmembrana Na⁺-K⁺-ATPasa. Por otro lado, se ha informado que la berberina causa citotoxicidad e influye negativamente en la síntesis de ADN (Singh y Sharma, 2018) . Por otra parte, los extractos etanólicos de arvenses que presentaron poco o nulo efecto de control de esta plaga fueron: *S. rosmarinus*, *N. glauca*, *I. hartwegii* y *S. elaeagnifolium* (Cuadro 17). Sin embargo, el extracto comercial de nim (Azadirect) permaneció con buen control hasta por más de 168 h después de aplicado el producto, lo que concuerda con lo citado por Bernardi *et al.*, 2013 en trabajos realizados en fresa sobre *T. urticae*.

Cuadro 17. Infestación de ácaros móviles de *Oligonychus punicae* por hoja, en evaluación de extractos etanólicos de arvenses y extractos vegetales comerciales en plantación de aguacate Atenquique, Jalisco, 2021.

Tratamiento	Número de ácaros móviles de <i>O. punicae</i>					
	Pre evaluación	24 h dda	48 h dda	72 h dda	144 h dda	168 h dda
Testigo Absoluto	3.00 ab	11.00 c	19.00 c	26.25 c	29.75 e	50.5 g
CapsiAlil	1.75 ab	1.25 a	1.00 a	1.25 a	2.50 a	5.50 ab
AzaDirect	11.25 cd	3.50 ab	1.75 ab	2.00 a	3.73 abc	9.25 abc
<i>Argemone mexicana</i>	4.50 abcd	0.75 a	4.50 ab	6.50 ab	14.00 bcd	19.25 def
<i>Salvia rosmarinus</i>	0.50 a	6.25 b	3.50 ab	3.00 ab	4.75 abc	21.50 ef
<i>Zingiber officinale</i>	6.25 abcd	4.25 ab	3.00 ab	1.75 a	2.50 a	2.50 a
<i>Petiveria alliacea</i>	11.75 d	6.75 bc	0.00 a	3.25 ab	5.00 abc	9.50 abc
<i>Solanum elaeagnifolium</i>	0.50 a	1.25 a	0.00 a	0.75 a	8.25 abcd	19.25 def
<i>Verbena neomexicana</i>	11.00 cd	3.00 ab	8.00 b	9.75 b	14.75 cd	27.75 f
<i>Isocoma hartwegii</i>	0.50 a	1.25 a	5.50 ab	9.50 b	18.75 de	21.00 ef
<i>Verbesina encelioides</i>	1.00 a	0.25 a	0.25 ab	1.75 a	6.00 abc	18.25 cdef
<i>Reseda luteola</i>	2.50 ab	0.00 a	1.75 ab	2.50 ab	3.75 abc	7.00 ab
<i>Nicotiana glauca</i>	0.25 a	1.50 a	0.00 a	1.00 a	3.75 abc	10.00 abcd
Abamectina 1.8 CE	9.50 bcd	0.25 a	0.00 a	2.75 ab	3.25 ab	12.75 bcde
<i>Argemone mexicana</i> , Arizona	3.75 abc	0.25 a	0.00 a	0.00 a	1.75 a	10.50 abcd

Los tratamientos con la misma letra son estadísticamente igual. Comparación múltiple de medias LSD $P < 0.05$

Abamectina 1.8 CE, un acaricida estándar en el control de esta plaga en aguacate, disminuyó su efecto sobre estados móviles a partir de las 144 h después de aplicado (Figura 7), probablemente debido a la resistencia por el uso continuo de este insecticida (Lemus-Soriano y Pérez-Aguilar, 2016).

La mayor infestación de *O. punicae* fue en el estrato bajo con 2.65 estados móviles por hoja; mientras que en el estrato alto fue de 1.88 (Cuadro 18 y 19) ya que normalmente se encuentra en el haz de la hoja y comienza a atacar de la parte baja hacia arriba (McMurtry, 1970). Cuando los extractos vegetales de arvenses fueron

aplicados en diferentes estratos, se observó que *P. alliacea* y *A. mexicana* fueron los mejores (Cuadro 18 y 19).

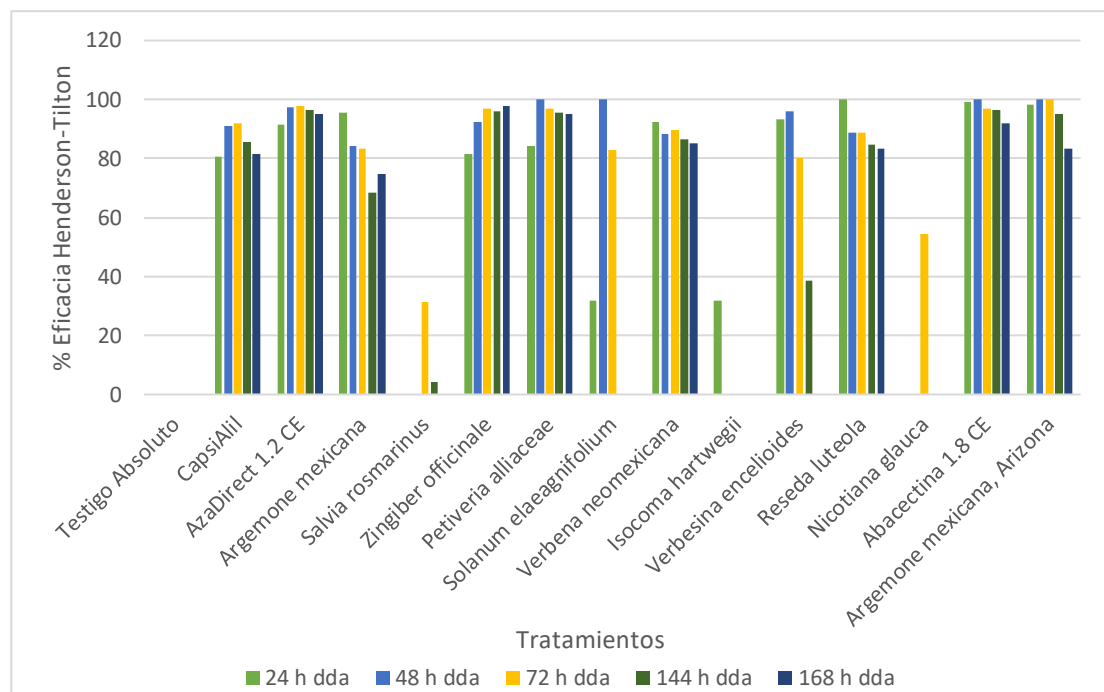


Figura 7. Porcentaje de control Henderson-Tilton para la variable infestación de ácaros móviles de *Oligonychus punicae* por hoja, en evaluación de extractos etanólicos de arvenses y extractos vegetales comerciales en plantación de aguacate Atenquique, Jalisco, 2021.

Azadirect en la parte alta del árbol controló por más de 168 h en comparación a la aplicación en la parte baja que solamente presentó control hasta las 144 h. Esto probablemente se debe a la forma de aplicar el producto, ya que es más difícil hacer que las gotas de la aspersion lleguen a la parte baja de la planta. Se observó que en la mayoría de los extractos etanólicos de arvenses el control se presenta entre las 72 y 144 h después de aplicado el producto, por lo que se sugiere realizar aplicaciones secuenciales (Li *et al.*, 2019).

Cuadro 18. Infestación de ácaros móviles de *Oligonychus punicae* por hoja en el estrato bajo de la planta, en evaluación de extractos etanólicos de arvenses y extractos vegetales comerciales en plantación de aguacate Atenquique, Jalisco, 2021.

Tratamientos	Número de ácaros móviles de <i>O. punicae</i> en el estrato bajo del árbol					
	Pre evaluación	24 h dda	48 h dda	72 h dda	144 h dda	168 h dda
Testigo Absoluto	1.50 a	4.25 b	9.50 a	13.50 c	15.75 c	29.25 g
CapsiAlil	0.75 a	0.00 a	0.25 a	1.00 ab	2.00 a	4.50 abc
AzaDirect	6.50 a	0.25 a	0.25 a	0.50 ab	0.75 a	6.25 abcde
<i>Argemone mexicana</i>	3.25 a	0.50 a	4.25 ab	6.25 ab	10.50 bc	11.25 cdef
<i>Salvia rosmarinus</i>	0.00 a	1.00 ab	1.25 a	1.25 ab	1.75 a	13.00 ef
<i>Zingiber officinale</i>	4.50 a	0.50 a	3.00 ab	1.00 ab	0.00 a	0.00 a
<i>Petiveria alliacea</i>	7.00 a	1.50 ab	0.00 a	1.50 ab	2.25 a	4.00 ab
<i>Solanum elaeagnifolium</i>	0.00 a	1.25 ab	0.00 a	0.25 ab	5.75 ab	10.50 bcde
<i>Verbena neomexicana</i>	6.50 a	0.25 a	0.25 a	4.25 ab	6.00 ab	18.00 f
<i>Isocoma hartwegii</i>	0.00 a	0.00 a	2.50 a	7.25 bc	11.00 bc	12.25 def
<i>Verbesina encelioides</i>	0.50 a	0.00 a	0.00 a	1.25 ab	3.50 ab	12.00 def
<i>Reseda luteola</i>	1.00 a	0.00 a	1.00 a	1.50 ab	2.25 a	4.75 abc
<i>Nicotiana glauca</i>	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.25 ab	1.75 a	5.50 abcd
Abamectina 1.8 CE	6.00 a	0.25 a	0.00 a	1.00 ab	1.75 a	7.00 bcde
<i>Argemone mexicana</i> , Arizona	2.25 a	0.25 a	0.00 a	0.00 a	0.25 a	7.25 bcde

Los tratamientos con la misma letra son estadísticamente igual. Comparación múltiple de medias LSD $P < 0.05$

Cuadro 19. Infestación de ácaros móviles de *Oligonychus punicae* por hoja en el estrato alto de la planta, en evaluación de extractos etanólicos de arvenses y extractos vegetales comerciales en plantación de aguacate Atenquique, Jalisco, 2021.

Tratamientos	Número de ácaros móviles de <i>O. punicae</i> en el estrato alto del árbol					
	Pre evaluación	24 h dda	48 h dda	72 h dda	144 h dda	168 h dda
Testigo Absoluto	1.50 abc	6.75 c	9.50 c	12.75 c	14.00 d	21.25 e
CapsiAlil	1.00 ab	1.25 ab	0.75 a	0.25 a	0.50 a	1.00 a
AzaDirect	4.75 c	3.25 abc	1.50 ab	1.50 a	3.00 abc	3.00 abc
<i>Argemone mexicana</i>	1.25 abc	0.25 a	0.25 a	0.25 a	3.50 abc	8.00 bcd
<i>Salvia rosmarinus</i>	0.50 a	5.25 bc	2.25 a	1.75 a	3.00 abc	8.50 cd
<i>Zingiber officinale</i>	1.75 abc	3.75 abc	0.00 a	0.75 a	2.50 ab	2.50 ab
<i>Petiveria alliacea</i>	4.75 c	5.25 bc	0.00 a	1.75 a	2.75 ab	5.50 abcd
<i>Solanum elaeagnifolium</i>	0.50 a	0.00 a	0.00 a	0.50 a	2.50 ab	8.75 cd
<i>Verbena neomexicana</i>	4.50 bc	2.75 abc	7.75 bc	5.50 b	8.75 cd	9.75 d
<i>Isocoma hartwegii</i>	0.50 a	1.50 ab	3.00 ab	2.25 ab	7.75 bc	8.75 cd
<i>Verbesina encelioides</i>	0.50 a	0.25 a	0.25 a	0.50 a	2.50 ab	6.25 abcd
<i>Reseda luteola</i>	1.50 abc	0.00 a	0.75 a	1.00 a	1.50 a	2.25 ab
<i>Nicotiana glauca</i>	0.25 a	1.50 ab	0.00 a	0.75 a	2.00 ab	4.50 abcd
Abamectina 1.8 CE	3.50 abc	0.00 a	0.00 a	1.75 a	1.50 a	5.75 abcd
<i>Argemone mexicana</i> , Arizona	1.50 abc	0.00 a	0.00 a	0.00 a	1.50 a	3.25 abc

Los tratamientos con la misma letra son estadísticamente igual. Comparación múltiple de medias LSD $P < 0.05$

7.3.2.2 Resultados del control de *Oligonychus perseae*

Los resultados obtenidos muestran que los extractos etanólicos de arvenses que disminuyeron la infestación de estados móviles desde la primera aplicación contra *O. perseae* fueron: *P. alliacea*, *A. mexicana* (formulada en la Universidad de Arizona), *R. luteola*, *V. neomexicana*, *S. rosmarinus*, *I. hartwegii*, *S. elaeagnifolium*, *V. encelioides* y *Zingiber officinale* Roscoe (Zingiberaceae) (Cuadro 20; Figura 8); además de CapsiAlil; esto, posiblemente fue porque CapsiAlil y *Petiveria* tienen glicoproteínas y tiosulfonatos que tienen efecto repelente o acaricida (Musah *et al.*, 2009; Attia *et al.*, 2011; García-Gutiérrez *et al.*, 2012). Por otra parte, el extracto de

N. glauca no presentó efecto a ninguna fecha de evaluación, lo que si sucedió con Azadirect y CapsiAlil (Cuadro 20). En el caso de la Abamectina 1.8 CE, disminuyó su efecto sobre estados móviles a partir de las 168 h después de aplicado (Figura 8), probablemente debido al exceso de aplicaciones que se realizan con este producto (Lemus-Soriano y Pérez-Aguilar, 2016). Finalmente, la mayor infestación de *O. perseae* fue en el estrato bajo con 5.73 estados móviles por hoja, mientras que en el estrato alto fue de 3.55 (Cuadro 21 y 22).

Cuadro 20. Infestación de ácaros móviles de *Oligonychus perseae* por hoja, en evaluación de extractos etanólicos de arvenses y extractos vegetales comerciales en plantación de aguacate, Atenquique, Jalisco, 2021.

Tratamiento	Número de ácaros móviles de <i>O. perseae</i>					
	Pre evaluación	24 h dda	48 h dda	72 h dda	144 h dda	168 h dda
Testigo Absoluto	5.25 a	7.25 ab	13.25 ab	15.00 b	19.50 c	36.75 d
CapsiAlil	5.00 a	0.00 a	0.00 a	1.75 a	2.50 ab	5.75 ab
AzaDirect	5.25 a	3.25 a	2.00 a	2.00 a	2.25 ab	5.00 ab
<i>Argemone mexicana</i>	8.25 a	6.50 ab	4.50 a	4.75 ab	5.50 ab	17.25 bc
<i>Salvia rosmarinus</i>	16.00a	0.00 a	0.25 a	1.00 a	2.75 ab	9.75 abc
<i>Zingiber officinale</i>	7.50 a	0.00 a	0.00 a	0.25 a	0.75 a	0.75 a
<i>Petiveria alliacea</i>	12.75 ^a	4.25 a	11.00 ab	3.25 a	3.00 ab	7.00 abc
<i>Solanum elaeagnifolium</i>	6.50 a	0.25 a	1.25 a	0.75 a	5.75 ab	6.75 abc
<i>Verbena neomexicana</i>	8.75 a	2.25 a	1.00 a	3.00 a	10.50 abc	17.50 bc
<i>Isocoma hartwegii</i>	6.75 a	1.50 a	5.00 a	7.00 ab	13.00 bc	19.75 c
<i>Verbesina encelioides</i>	7.25 a	0.00 a	0.00 a	0.75 a	4.75 ab	8.75 abc
<i>Reseda luteola</i>	5.25 a	0.00 a	0.00 a	0.75 a	1.50 a	5.75 ab
<i>Nicotiana glauca</i>	21.75 ^a	15.25 b	23.00b	32.25 c	39.50 d	38.50 d
Abamectina 1.8 CE	7.00 a	0.00 a	2.50 a	0.75 a	1.75 a	10.50 abc
<i>Argemone mexicana</i> , Arizona	16.00a	0.25 a	0.00 a	0.00 a	0.75 a	9.00 abc

Los tratamientos con la misma letra son estadísticamente igual. Comparación múltiple de medias LSD P<0.05

Los extractos etanólicos de *P. alliacea*, *Z. officinale* y *A. mexicana* formulada en la Universidad de Arizona (Figura 8), así como Azadirect y CapsiAlil fueron los que presentaron mejor desempeño de control sobre *O. perseae* en los dos estratos de la planta (Cuadros 21 y 22, Figura 8); probablemente, por los compuestos azufrados (dialil tiosulfonatos) (Musah *et al.*, 2009), (Attia *et al.*, 2011) que presentan efectos de repelencia (García-Gutiérrez *et al.*, 2012) presentes en *Petiveria* y CapsiAlil; así como el alcaloide Berberina para el extracto de *A. mexicana*.

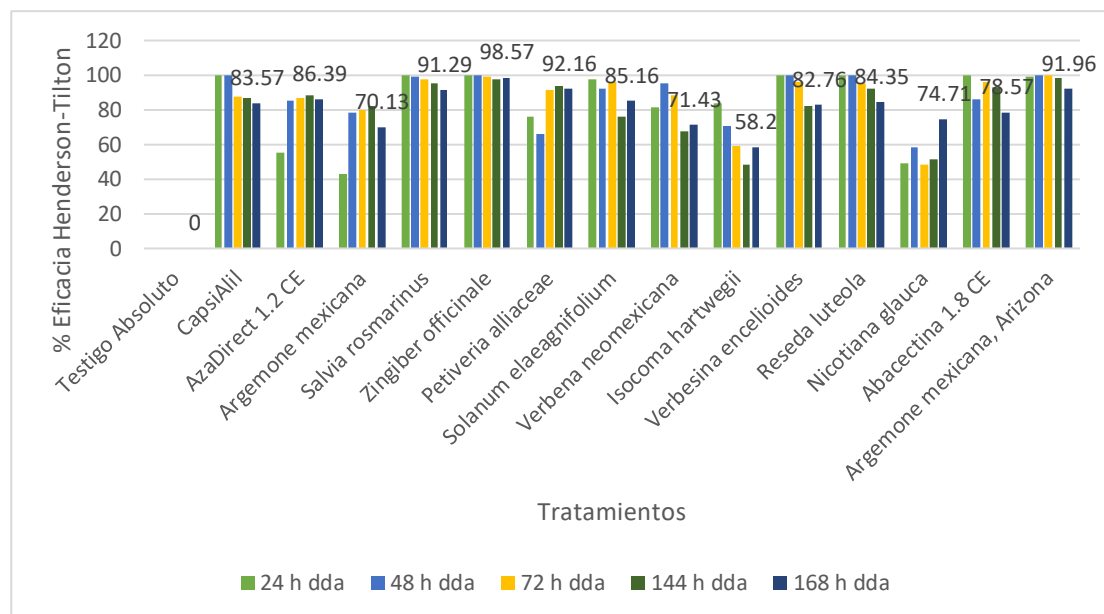


Figura 8. Porcentaje de control Henderson-Tilton para la variable Infestación de ácaros móviles de *Oligonychus perseae* por hoja, en evaluación de extractos etanólicos de arvenses y extractos vegetales comerciales en plantación de aguacate, Atenquique, Jalisco, 2021.

Cuadro 21. Infestación de ácaros móviles de *Oligonychus perseae* por hoja en el estrato bajo de la planta, en evaluación de extractos etanólicos de arvenses y extractos vegetales comerciales en plantación de aguacate, Atenquique, Jalisco, 2021.

Tratamientos	Número de ácaros móviles de <i>O. perseae</i>					
	Pre evaluación	24 h dda	48 h dda	72 h dda	144 h dda	168 h dda
Testigo Absoluto	1.50 a	1.00 a	3.50 a	11.00 bc	9.50 a	16.75 cd
CapsiAlil	2.25 a	0.00 a	0.00 a	0.50 a	1.00 a	3.25 ab
AzaDirect	2.50 a	1.50 a	0.25 a	0.50 a	1.00 a	2.50 ab
<i>Argemone mexicana</i>	8.00 ab	6.50 ab	4.50 a	2.50 ab	2.50 a	6.00 ab
<i>Salvia rosmarinus</i>	16.00 ab	0.00 a	0.00 a	0.50 a	1.50 a	5.25 ab
<i>Zingiber officinale</i>	2.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.75 a	0.75 a
<i>Petiveria alliacea</i>	2.75 a	3.50 a	11.00a	1.25 ab	1.00 a	2.50 ab
<i>Solanum elaeagnifolium</i>	2.50 a	0.00 a	0.00 a	0.25 a	3.00 a	4.50 ab
<i>Verbena neomexicana</i>	2.25 a	1.75 a	1.00 a	1.25 ab	5.50 a	10.75 bc
<i>Isocoma hartwegii</i>	3.50 ab	0.50 a	0.00 a	3.00 ab	5.75 a	8.25 abc
<i>Verbesina encelioides</i>	3.50 ab	0.00 a	0.00 a	0.75 a	4.00 a	5.75 ab
<i>Reseda luteola</i>	5.00 ab	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.50 a	2.25 ab
<i>Nicotiana glauca</i>	20.75 b	14.00 b	11.75a	17.5 c	27.25 b	20.50 d
Abamectina 1.8 CE	6.75 ab	0.00 a	2.50 a	0.25 a	1.75 a	3.75 ab
<i>Argemone mexicana</i> , Arizona	6.75 ab	0.25 a	0.00 a	0.00 a	0.75 a	4.50 ab

Los tratamientos con la misma letra son estadísticamente igual. Comparación múltiple de medias LSD $P < 0.05$

Cuadro 22. Infestación de ácaros móviles de *Oligonychus perseae* por hoja en el estrato alto de la planta, en evaluación de extractos etanólicos de arvenses y extractos vegetales comerciales en plantación de aguacate, Atenquique, Jalisco, 2021.

Tratamientos	Pre evaluación	Número de ácaros móviles de <i>O. perseae</i>				
		24 h dda	48 h dda	72 h dda	144 h dda	168 h dda
Testigo Absoluto	3.75 a	6.25 b	9.75 bc	4.00 a	10.00 cd	20.00 d
CapsiAlil	2.75 a	0.00 a	0.00 a	1.25 a	1.50 ab	2.50 a
AzaDirect	2.75 a	1.75 a	1.75 ab	1.50 a	1.25 ab	2.50 a
<i>Argemone mexicana</i>	0.25 a	0.00 a	0.00 a	2.25 a	3.00 ab	11.25 bc
<i>Salvia rosmarinus</i>	0.00 a	0.00 a	0.25 ab	0.50 a	1.25 ab	4.50 ab
<i>Zingiber officinale</i>	5.50 a	0.00 a	0.00 a	0.25 a	0.00 a	0.00 a
<i>Petiveria alliacea</i>	10.00 a	0.75 a	0.00 a	2.00 a	2.00 ab	4.50 ab
<i>Solanum elaeagnifolium</i>	4.00 a	0.25 a	1.25 ab	0.50 a	2.75 ab	2.25 a
<i>Verbena neomexicana</i>	6.50 a	0.50 a	0.00 a	1.75 a	5.00 abc	6.75 ab
<i>Isocoma hartwegii</i>	3.25 a	1.00 a	5.00 abc	4.00 a	7.25 bcd	11.50 bc
<i>Verbesina encelioides</i>	3.75 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.75 a	3.00 a
<i>Reseda luteola</i>	0.25 a	0.00 a	0.00 a	0.75 a	1.00 ab	3.50 a
<i>Nicotiana glauca</i>	1.00 a	1.25 a	11.25 c	14.75 b	12.25 d	18.00 cd
Abamectina 1.8 CE	0.25 a	0.00 a	0.00 a	0.50 a	0.00 a	6.75 ab
<i>Argemone mexicana</i> , Arizona	9.25 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a	4.50 ab

Los tratamientos con la misma letra son estadísticamente igual. Comparación múltiple de medias LSD $P < 0.05$

7.3.3 Efecto de extractos vegetales comerciales y extractos etanólicos de arvenses sobre el comportamiento de ácaros depredadores

Dos especies de ácaros depredadores fueron identificadas: *N. californicus* y *A. swirskii*, ambas en el envés de la hoja depredando a *O. perseae* lo cual concuerda con lo reportado con Estrada-Venegas *et al.*, (2002), el cual reporto 10 especies de

ácaros depredadores en aguacate var hass entre las que se encuentran las reportadas en este estudio.

Al evaluar el efecto de los tratamientos a base de extractos etanólicos de arvenses asociadas al aguacate y extractos vegetales comerciales se encontró que ninguno afectó de manera drástica los estados móviles de las dos especies presentes en este ensayo (Figuras 9 y 10). Solamente, se observó que en el tratamiento con abamectina disminuyó los depredadores desde la primera aplicación, pero posteriormente se incrementa la población.

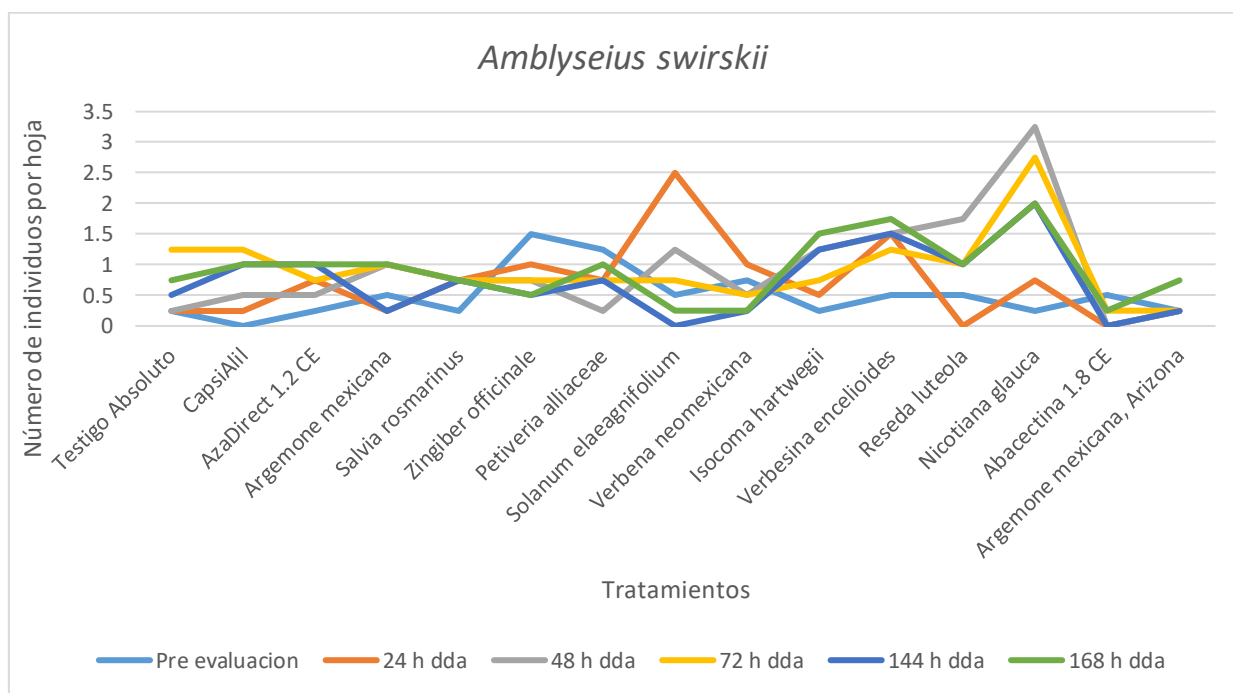


Figura 9. Comportamiento de *Amblyseius swirskii* en el envés de la hoja en evaluación de extractos etanólicos de arvenses y extractos vegetales comerciales en plantación de aguacate, Atenquique, Jalisco, 2021.

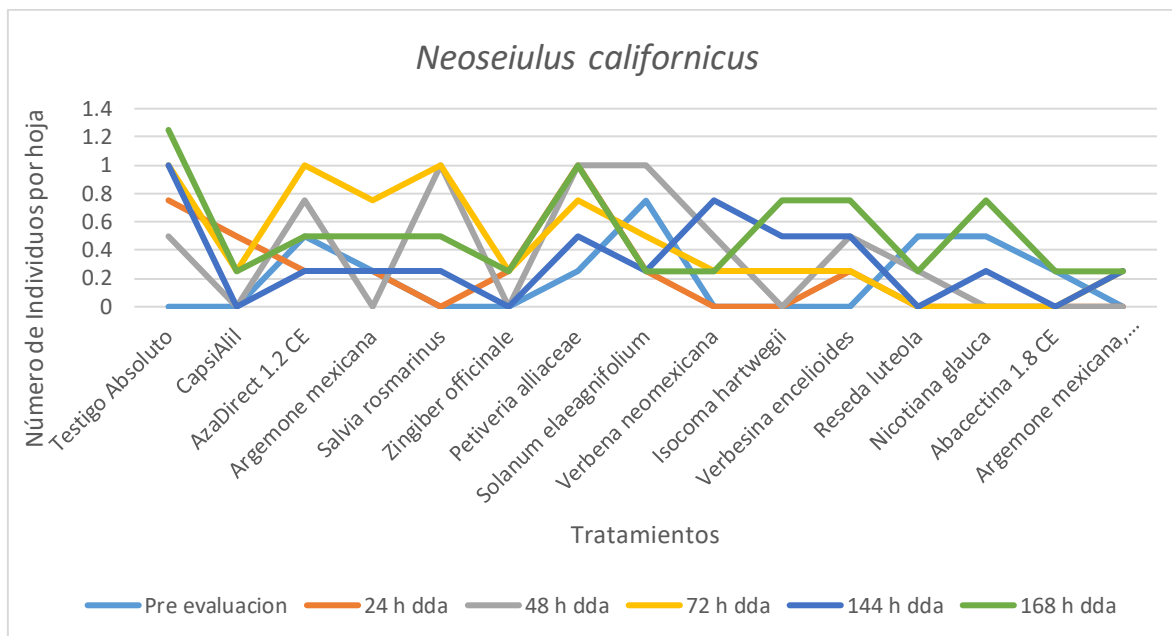


Figura 10. Comportamiento de *Neoseiulus californicus* en el envés de la hoja en evaluación de extractos etanólicos de arvenses y extractos vegetales comerciales en plantación de aguacate, Atenquique, Jalisco, 2021.

VIII. PROPUESTA DE MANEJO DE ÁCAROS EN AGUACATE CON ALTERNATIVAS DE BAJO IMPACTO AMBIENTAL

El manejo de los ácaros fitófagos con alternativas de bajo impacto ambiental en el cultivo de aguacate se refiere a la utilización de recursos naturales disponibles en los cultivares de aguacate, entre los que se encuentran: el uso de plantas atrayentes de organismos depredadores y parasitoides de plagas del aguacate. Dichas plantas incluyen; romero (*S. rosmarinus*), el cual puede ser un refugio y atrayente de depredadores; lavanda (*Lavandula officinalis*) la cual tiene efecto repelente de pulgones y atrayente de abejas, mariposas, y depredadores de pulgones, ácaros, trips, moscas blancas y coccidos; ortiga (*Urtica dioica*) aunque es atrayente de algunas plagas, también presenta atrayentes para depredadores; boalanga (*Thymelaea hirsuta*), es una planta que en otoño-invierno puede aportar alimento (nectar y polen) a depredadores; caléndula (*Calendula officinalis*), que presenta efectos repelentes a moscas blancas y chinches pero que atrae depredadores como sírfidos. En un sistema de producción de aguacate, la inocuidad y certificación juega un papel importante principalmente para productores que exportan la fruta, para ello, es importante que se elija un campo específico para la plantación de estas especies de arvenses fuera del área de cultivo con el objetivo de no interferir con las certificaciones correspondientes.

El segundo eslabón del manejo es la liberación y conservación de depredadores nativos en las huertas de aguacate, durante nuestro estudio encontramos que *N. californicus* y *A. swirskii* son una buena alternativa de depredación sobre *O. perseae*. Algo importante en este eslabón es la reducción de acaricidas sintéticos.

El tercer eslabón, es la correcta identificación de las arvenses asociadas al cultivo de aguacate, su clasificación de acuerdo con su efecto atrayente, repelente, efecto deterrente, inhibidor de la oviposición, etc., de tal manera de que el productor pueda elaborar sus propios extractos etanólicos, y de esta forma aprovechar las

arvenses en su cultivo. *Petiveria alliacea*, *Zingiber officinale* y *Argemone mexicana* fueron las arvenses que mostraron un mejor efecto en el control de los ácaros fitófagos. La dosis son un factor importante, ya que los extractos etanólicos requieren una dosis más alta debido a la baja estabilidad los compuestos volátiles y metabolitos secundarios. La formulación y estabilización juegan un papel importante al momento de su elaboración, tal es el caso del extracto que se elaboró con *Argemone mexicana* en los laboratorios de la Universidad de Arizona.

El cuarto eslabón del manejo de ácaros con alternativas de bajo impacto ambiental es, el uso de extractos vegetales comerciales, ya que existen en la actualidad varios como el extracto comercial de canela, CapsiAlil (chile y ajo), AzaDirect (nim) que no es posible obtener con arvenses en campo y si se ha demostrado su efecto de control sobre ácaros fitófagos debido a su alta estabilidad de metabolitos secundarios como agentes deterrentes en las plagas.

El reto de esta propuesta implica que el productor implemente estrategias amigables que promuevan la biodiversidad de depredadores y arvenses, así como reducir la aplicación de productos económicos, pero altamente tóxicos.

IX. CONCLUSIONES

- a) Dos especies de ácaros fitófagos fueron identificadas en este estudio: *O. perseae* y *O. punicae*.
- b) *O. perseae* fue localizada en el envés de la hoja.
- c) *O. punicae* fue localizada en el haz de la hoja.
- d) Se identificaron dos especies de ácaros depredadores: *N. californicus* y *A. swirskii*, ambas localizadas en el envés de la hoja.
- e) Se identificaron 31 especies de arvenses asociadas al cultivo de aguacate.
- f) Las arvenses con mayor abundancia en este estudio fueron Asteraceae con el 25% y Poaceae con el 16%.
- g) La reproducción masiva de *O. perseae* y *N. californicus* fue adecuada en plantas de aguacate, pero no en plantas de frijol en condiciones de invernadero.
- h) Los extractos vegetales comerciales de canela y ajo+chile, presentaron efecto de control de ninfas y adultos de *O. perseae* y *O. punicae* en el cultivo de aguacate bajo condiciones de campo.
- i) Los extractos etanólicos de arvenses asociadas al aguacate que presentaron efecto de control por 168 h sobre *O. punicae* fueron: *Z. officinale*, *P. alliacea*.
- j) Los extractos etanólicos de arvenses asociadas al aguacate que presentaron efecto de control por 168 h sobre *O. perseae* fueron: *Z. officinale*, *S. rosmarinus*, *P. alliacea*, y *A. mexicana* formulada en la Universidad de Arizona.
- k) Los extractos vegetales comerciales CapsiAlil y Azadirect presentaron efecto de control por más de 144 h para *O. punicae* y *O. perseae*.
- l) Abamectina 1.8 CE presentó mejor control para *O. punicae* que para *O. perseae*.
- m) Ningún extracto etanólico de arvenses asociadas al aguacate y extractos vegetales comerciales presentaron efecto negativo sobre las dos especies de ácaros depredadores identificados en el envés de la hoja: *N. californicus* y *A. swirskii*.

X. LITERATURA CITADA

- Abbott, W.S. 1925. A method of computing the effectiveness of an Insecticide. J.Eco. Ent. Vol 18:2. 265-267. <https://doi.org/10.1093/jee/18.2.265a>
- Alfonso, M. 2002. Los plaguicidas botánicos y su importancia en la agricultura orgánica. Agricultura Orgánica 2. 26-30 pp.
- APEAM, 2019. Asociación de Productores y Empacadores Exportadores de México, A.C. Listado de plaguicidas recomendados para el cultivo de aguacate. Disponible en <https://plaguicidas.apeamac.com> consultado el 23 de abril de 2019.
- Aponte, O. y McMurtry JA, 1997a. Damage on Hass avocado leaves, webbing and nesting behavior of *Oligonychus perseae* (Acari: Tetranychidae). Experimental and Applied Ácarology 21: 265–272. <http://DOI:10.1023/A:1018451022553>
- Aponte, O. y McMurtry JA, 1997b. Biology, life table and mating behavior of *Oligonychus perseae* (Acari: Tetranychidae). International Journal of Ácarology 23(3):199-205. <https://doi.org/10.1080/01647959708683564>
- Arias, Z.M. 1990. Ácaros plaga del aguacate. En: Ácaros fitófagos. Biología y combate. Vera, J., Prado, E. y Lagunes, A. (Editores). Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, Edo. de México. p. 160-168.
- Aswin, T., Bhaskar, H. y M. Subramanian, 2015. Efficacy of novel acaricide molecules and botanicals against rice leaf mite *Oligonychus oryzae* (Hirst) (Prostigmata: Tetranychidae). Journal of Tropical Agriculture, 53(2): 187–190.
- Atlas Agroalimentario, 2018. Consultado en línea el día 22 de octubre de 2019 en: https://nube.siap.gob.mx/gobmx_publicaciones_siap/pag/2018/Atlas-Agroalimentario-2018

- Attia, S., Grissa, L., Mailleux, A.C., Lognay, G., Heuskin, S., Mayoufi, S. y Hance, T. 2011. Effective concentrations of garlic distillate (*Allium sativum*) for the control of *Tetranychus urticae* (Tetranychidae). En: Journal of applied entomology. <https://DOI: 10.1111/j.1439-0418.2011.01640.x>. x. 1-11
- Badii, M.H., Flores, E.A. y Ponce, G. 2000. Control biológico de arañas rojas. En: Fundamentos y perspectivas de control biológico. Badii, H.M., Flores, E.A. y Galán Wong, J.L. (Editores). El papel de los ácaros depredadores en el control biológico. Primera Edición. Universidad Autónoma de Nuevo León. San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México. p. 255-280.
- Bender, G.S., 1993. A new mite problem in avocados. California Avocado Society. Yearbook 77, 73±77.
- BenJannet, H., Skhiri, F., Mighri, Z., Simmonds, M. S. J., y W. M. Blaney, 2001. Antifeedant activity of plant extracts and of new natural diglyceride compounds isolated from *Ajuga pseudoiva* leaves against *Spodoptera littoralis* larvae. Ind. Crop. Prod. 4: 213-222. [https://doi.org/10.1016/S0926-6690\(01\)00086-3](https://doi.org/10.1016/S0926-6690(01)00086-3)
- Bernardi, D., Botton, M., Cunha, U. S., Bernardi, O., Malausa, T., Garcia, M. S. y D. E. Nava. 2013. Effects of azadirachtin on *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) and its compatibility with predatory mites (Acari: Phytoseiidae) on strawberry. Pest Managament Science, 69: 75-80. <https://doi.org/10.1002/ps.3364>
- Blanco, Y. y A. Leyva. 2007. Las arvenses en el agroecosistema y sus beneficios agroecológicos como hospederas de enemigos naturales. Cultivos Tropicales, vol. 28, núm. 2, 2007, pp. 21-28 Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas La Habana, Cuba
- Caboni, P; M. Cabras; A. Angioni; y M. Russo, 2002. Persistence of azadirachtin residues on olives after field treatment. J. Agri. Food Chem. 50:2576-2580. <https://doi.org/10.1021/jf020076+>

- Calderón G. de R. y J. Rzedowski, 2001. Flora fanerogámica del Valle de México. 2ª. Ed., Instituto de Ecología, A.C. y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Pátzcuaro, Mich., 1406 pp.
- Calderón G. de R. y J. Rzedowski, 2004. Manual de malezas de la región de Salvatierra, Guanajuato. Instituto de Ecología, A.C. Centro Regional del Bajío. Pátzcuaro, Michoacán, México 315 pp.
- Carrillo-Rodriguez, J.C., B. Hernández-Cruz, J. L. Chávez-Servia, A.M. Vera-Guzmán, AM., y Perales-Segovia, C. 2011. Efecto de extractos vegetales sobre la mortalidad de *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae), en Laboratorio. J. Interamer. Soc. Trop. Hort. 53:154-157. <https://www.researchgate.net/publication/234112906>
- Castañeda, G., E.L., y R.M. Johansen N. 2011. Trips asociados al aguacate en el Estado de México. pp: 53-58. In: Proceedings VII World Avocado Congress 2011 (Actas VII Congreso Mundial del Aguacate), 5-9 de septiembre de 2011. Cairns, Australia.
- Cerna, E. Badii, MH, Ochoa, Y, Aguirre L.A. y Landeros J. 2009. Tabla de Vida de *Oligonychus punicae* (Acari: Tetranychidae) en hojas de aguacate (*Persea americana* Mill) Variedad Hass, fuerte y criollo. 25(2). ISSN 0186-2979
- Chant, DA y McMurtry JA, 2007. Illustrated keys and diagnoses for the genera and subgenera of the Phytoseiidae of the world (Acari: Mesostigmata). Indira Publishing House, USA.
- Chávez-Espinoza, A., Rodríguez, H., y Estrada-Venegas, E. G. 2017. Biology of *Oligonychus cubensis* Livschitz (Acari: Tetranychidae) in avocado (*Persea americana* Miller). Revista de Protección Vegetal, 32(3), 1–7.
- Coria A.V.M. y Ayala S.A. 2010. Manejo de ácaros del aguacate en México. Folleto Técnico Núm. 20. SAGARPA. INIFAP. CIRPAC-CIRPAS. Campo Experimental Uruapan/ Campo Experimental Zacatepec. Uruapan, Michoacán, México. 19 p.

- Cote K. W., Lewis E. E., y Schultz P. 2002. Compatibility of acaricide residues with *Phytoseiulus persimilis* and their effect on *Tetranychus urticae*. HortScience, 37(6): 906–909. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.37.6.906>
- Cuca-Suárez, L.E.; D. Luz Mendoza-Mezall, J.Álvarez-Caballero, V. Macías-Villamizar, C. E. y Coy-Barrera, 2012. Actividad acaricida de extractos de lauráceas sobre los ácaros intradomiciliarios *Dermatophagoides farina* y *Blomia tropicalis*. En: Revista Cubana de Plantas Medicinales. 2012; 17(4): 308-319
- Dicke, M. 1988. Infochemicals in tritrophic interactions: origin and function in a system consisting of predatory mites, phytophagous mites and their host plants. Agricultural University. Promotor (en): J.C. van Lenteren, co-promotor (en): M.W. Sabelis. - Wageningen: Dicke – 235. 6411.
- Echánove H., F. 2008. “Abriendo fronteras: el auge exportador del aguacate mexicano a Estados Unidos”. Anales de Geografía, núm. 1, pp. 9-28.
- Erdogan, P.; A. Yildirim y B. Server. 2012. Investigations on the Effects of Five Different Plant Extracts on the Two-Spotted Mite *Tetranychus urticae* Koch. (Arachnida: Tetranychidae). En Hindawi Publishing Corporation Psyche. Volume 2012, Article ID 125284, 5 pages. <https://doi.org/10.1155/2012/125284>
- Espinosa, G. F.J. y J. Sarukhan, 1997. Manual de Malezas del Valle de México. Universidad Nacional Autónoma de México. pp 407
- Estrada-Venegas, E. G.; S. Rodríguez-Navarro y J. A. McMurtry. 2002. Some avocado mites from Michoacán, Mexico. International Journal of Ácarology 28(4):387–393. DOI:[10.1080/01647950208684315](https://doi.org/10.1080/01647950208684315)
- Equihua-Martínez, A., E. Estrada-Venegas y H. González-Hernández. 2007. Capítulo 7. Plagas del Aguacate. pp. 133-169. En: Téliz, D. y A. Mora (eds.). El Aguacate y su Manejo Integrado. Ed. Mundi-Prensa. 2a. Edición. México, D.F.

- Evans, G.A., G.W. Watson y D.R. Miller. 2009. A new species of armored scale (Hemiptera: Coccoidea: Disapididae) found on avocado fruit from México and a key to the species of armored scales found on avocados worldwide. *Zootaxa* 1991: 57-68. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.1991.1.5>
- Faber B, 1997. The Persea mite story. *Citrograph* 82: 12–13.
- Ferragut P.F. 2015. Clase Arachnida, Orden Prostigmata. En: *Revista IDE@ - SEA*, nº 14 (30-06-2015): 1–8. ISSN 2386-7183. España.
- Firester, K. 2011. Plant Extracts as Natural Insecticides. Pág. 4-5. New York, EE.UU. En: <http://www.amnh.org/learn-teach/youngnaturalist-awards/winning-essays2/2011-winningessays/plant-extracts-as-natural-insecticides> Consultado el 09/01/2022.
- Food and Agricultural Organization Statistical (FAOSTAT). 2018. Estadísticas de producción. <http://faostat3.fao.org/home/S>. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC> Consultado en línea el día 16 de octubre de 2018, 8:57 AM.
- Food and Agricultural Organization Statistical (FAOSTAT). 2019. En línea Disponible en <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC> consultado el 23 de abril de 2019.
- FUSAGRI. 1985. Control de malezas serie petróleo y agricultura. Fundación servicio para el agricultor. Vol. 2, no. 8, p. 9-26. 2.
- Frutos-Mora, M. A. 2017. Evaluación de la Efectividad Biológica del Acaricida Azadiractina para el Control del Ácaro del Aguacate *Oligonychus punicae* (Hirst) (Acari: Tetranychidae). Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Departamento de Parasitología.
- García-Ángel, O., Cerna-Chávez, E., Aguirre-Urbe, L. A., Ochoa Fuentes, Y. M., Chacón-Hernández, J. C. y Landeros-Flores, J., 2017. Respuesta funcional de *Phytoseiulus persimilis* sobre *Oligonychus punicae* (Acari: Phytoseiidae, Tetranychidae) en hojas de aguacate. *Acta Zoológica Mexicana* (n.s), 33(3), 503-507.

- García-Gutiérrez, C., R. L. Gómez-Peraza, C. E. López Aguilar, y A. L. Valdez. 2012. Insecticidas Biorracionales para el control de mosquitos y moscas negras en Sinaloa. En: Ra Ximhai Vol. 8, Número 3, septiembre - diciembre 2012. ISSN: 1665-0441. Pp. 47-55.
- García, T. L. y Fernández-Quintanilla, C. 1992. Fundamentos sobre malas hierbas y herbicidas. Ministerio de la Agricultura, Pesca y Extensión Agraria. Madrid: Mundi-Prensa, Primera Edición., 1992.
- Gomes, T.V., Vieira, M.R., Mamoré, M.G. y Negrão, C.G. 2018. Plant extracts with potential to control of two-spotted spider mite. Agricultural entomology. 85:1-8, DOI: 10.1590/1808-1657000762015
- González, A.R.C. 1986. Control químico de araña roja (*Oligonychus* sp.) en el cultivo del aguacatero. Tesis profesional. Facultad de Agrobiología "Presidente Juárez". UMSNH. Uruapan, Michoacán, México. 64 p.
- González-Fernández, J.J., F de la Peña, J.I. Hormoza, J.R. Boyero, J.M. Vela, E. Wong, M.M. Trigo y M. Monserrat. 2009. Alternative food improves the combined effect of an omnivore and a predator on biological pest control. A case study in avocado orchards. Bulletin of Entomological Research (2009) 99, 433–444 España. DOI: 10.1017/S000748530800641X.
- González-Hernández, H; L. D. Ortega-Arenas; M. T. Santillán-Galicia; R. Johansen-Naime; j. R. Lomelí-Flores; S. Ochoa-Ascencio; N. Villegas-Jiménez; M. Vargas-Sandoval; A. W. Guzmán-Franco; F.J. Avendaño-Gutiérrez; C. Lázaro-Castellanos; S. Guzmán-Valencia; y D. Bravo-Pérez., 2017. Memorias del V Congreso Latinoamericano del Aguacate. 04 - 07 de septiembre 2017. Ciudad Guzmán, Jalisco, México. "Plagas de importancia económica del aguacate en México".
- GIHA. 2013. Grupo Interdisciplinario e Interinstitucional de Investigadores en Aguacate. Autores en orden alfabético: Bautista N., Beltrán H, Castañeda A., Chávez M., Equihua A., Durán E., Fierro D., González H., González G., Lomelí

- R., Marroquín F., Michúa J., Nava C., Nieto D., Ochoa S., Ochoa D., Rodríguez E., Santillán M.T., Saucedo R., Soria J., Téliz D., Valdovinos G., y Vallejo M. El Aguacate en Michoacán: Plagas y Enfermedades. APEAM, A.C. – SENASICA, MÉXICO. 56 p.
- Guzmán-Valencia, S., M.T. Santillán-Galicia, A.W. Guzmán-Franco, H. González-Hernández, M.G. Carrillo-Benítez, y J. Suárez-Espinoza. 2014. Contrasting effects of geographical separation on the genetic population structure of sympatric species of mites in avocado orchards. *Bulletin of Entomological Research* 104:1:12. DOI: [10.1017/S0007485314000388](https://doi.org/10.1017/S0007485314000388)
- Henderson, C.F. and Tilton, E. W. 1955. Tests with acaricides against the brow wheat mite, *J. Econ. Entomol.*, 48:157-161.
- Heredia, R. J. G. 2012. Control químico de la araña café del aguacate *Oligonychus punicae* (Hirst) en el cultivo del aguacate en Ziracuaretito, Michoacán. Tesis de Licenciatura. Facultad de Agrobiología “Presidente Juárez”. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Uruapan, Michoacán, México. 31 p.
- Hoddle, M. 2002. Developmental and reproductive biology of *Scirtothrips perseae* (Thysanoptera: Thripidae): a new avocado pest in California. *Bulletin of Entomological Research* 92:279-285. DOI: [10.1079/BER2002169](https://doi.org/10.1079/BER2002169)
- Huanes-Carranza, J y J. Wilson-Krugg. 2016. Efecto de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* sobre adultos y ninfas de *Oligonychus* sp. en condiciones de laboratorio. En *REBIOL* 2016; 36(1): 51 - 58, Enero – Junio. Peru <https://core.ac.uk/download/pdf/267887055.pdf>
- Jeppson, L.R., H. H. Keifer, y E. Baker. 1975. Mites injurious to economic plants. University California of Press. San Francisco, 472 p. <https://doi.org/10.1525/9780520335431>
- Kerguelen V., y M.S. Hoddle. 2000. Comparison of the susceptibility of several cultivars of avocado to the perseae mite, *Oligonychus perseae* (Acari:

- Tetranychidae). Scientia Horticulturae 84: 101-114.
[https://doi.org/10.1016/S0304-4238\(99\)00103-X](https://doi.org/10.1016/S0304-4238(99)00103-X)
- Kim, J.O., Kuk, Y.-I y Kim, S.-S. 2016. Susceptibility of the predatory mite, *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae) to plant extract. Korean Journal of Organic Agriculture. 24 (4), 881-891. <https://doi.org/10.11625/kjoa.2016.24.4.881>
- Klaschka, U. 2009. Chemical communication by infochemicals. Environ Sci Pollut Res 16, 367–369 (2009). <https://doi.org/10.1007/s11356-009-0171-z>
- Krantz, G. W., y Walter, D. E. (Eds). 2009. Manual of Ácarology. Texas Tech University Press, Texas. 807 p.
- Lemus-Soriano y Pérez-Aguilar. 2016. Control químico del ácaro café del aguacate *Oligonychus punicae* (Hirst, 1926) (Acari: Tetranychidae) En: Entomología Mexicana, 3:349-353. ISSN: 2448-475X.
<http://www.socmexent.org/entomologia/revista/2016/EA/Em%20349-353.pdf>
- Leng, P., Zhang, Z., Pan G., Zhao, M. 2011. Applications and development trends in biopesticides. African Journal of Biotechnology. 10(86): 19864-19873.
 DOI: [10.5897/AJBX11.009](https://doi.org/10.5897/AJBX11.009)
- Li, B; Yang, M; Shi, R; y Min, Y. 2019. Insecticidal activity of natural capsaicinoids against several agricultural insect. En: journals.sagepub.com/home/npx
 DOI: 10.1177/1934578X19869625
- Lindquist, E. E., G. W. Krantz y D. E. Walter. 2009. Classification. In A manual of Acarology, G. W. Krantz y D. E. Walter (Eds.). Texas Tech University Press, Lubbock, Texas. p. 97-103.
- Mahdavi, V., Rafiee, H., Asadi, A., Razmjou, J., Achachlouei, B.F., y Kamita, S.G. 2017. Effective management of the *Phthorimaea operculella* (Zeller) using PVA nanofibers loaded with *Cinnamomum zeylanicum* essential oil. American Journal. 94: 647-657. DOI: [10.1007/s12230-017-9603-3](https://doi.org/10.1007/s12230-017-9603-3)

- Maniania, N.K., Bugeme, D.M., Wekesa, V.W., Delalibera, I. Jr. y Knapp, M., 2008. Role of entomopathogenic fungi in the control of *Tetranychus evansi* and *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) pests of horticultural crops. *Experimental and Applied Ácarology*, 46, 256–274. DOI: [10.1007/s10493-008-9180-8](https://doi.org/10.1007/s10493-008-9180-8)
- Maoz Y., Palevsky E., Gal S., Zilberstein M., Noy M., Izhar Y., Gan–Mor J., Coll M. 2009. Integrated pest management of *Oligonychus perseae* developing action thresholds and the identification and conservation of natural enemies. *Journal IOBC/WPRS* 50:57-60.
- Maoz, Y, S. Gal, M. Zilberstein, Izhar, Y, V. Alchanatis, M. Coll y E. Palevsky. 2010. Determining an economic injury level for perseá mite, *Oligonychus perseae*, a new pest on avocado in Israel. En: *Entomología Experimentalis et Applicata* 138: 110-116, 2011. <https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.2010.01080.x>
- Maoz, Y, S. Gal, Y. Argov, M. Coll y E. Palevski. 2011. Biocontrol of perseá mite, *Oligonychus perseae*, with an exotic spider mite predator and an indigenous pollen feeder. Volume 59, Issue 2, November 2011, Pages 147-157. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2011.07.014>
- Merlín-Urbe, Y., L. Villamil-Echeverri, J. Cruz, M. Astier, E. M. Gavito. 2014. Plantas silvestres asociadas al cultivo de aguacate. 10.13140/2.1.3279.0402.
- MiPerú, 2010. Ensayos de eficacia para el control de *Oligonychus punicae*. Consultado en Agosto de 2018 Disponible en: www.Miperu.com.pe/articulos/ensayos/html
- Mithöfer, A., y Boland, W. 2012. Plant defense against herbivores: Chemical aspects. *Annual Review of Plant Biology* 63:431-450. DOI:10.1146/annurev-arplant-042110-103854.
- Moraes, G., Flechtmann, C.W. 2008. Manual de Ácarologia. Ácarologia Básica e ácaros de plantas cultivadas no Brasil. Holos Editora, Riberão Preto, 270 p

- Morales, G.J.L., Mendoza, L.M.R., Coria, A.V.M., Aguilera, M.J.L., Sánchez, P.J. de la L., Vidales, F.J.A., Tapia, V.L.M., Hernández, R.G., Alcántar, R.J.J. 1999. Tecnología - Produce. Aguacate en Michoacán. SAGAR. INIFAP. CIRPAC. Campo experimental Uruapan. Fundación Produce Michoacán, A.C. Guía técnica. 32 p.
- Morales G. J L., 2017. III Congreso Latinoamericano del Aguacate. Enfermedades de importancia económica en el cultivo de aguacate en Michoacán, México.
- Moraza, M. L y M. A. Peña-Estevez, 2005. Ácaros mesostigmata (Acari, Mesostigmata) de hábitats seleccionados de La Gomera (Islas Canarias, España). Mesostigmatic mites (Acari, Mesostigmata) in selected habitats of La Gomera (Canary Islands, Spain). Graellsia, 61(1): 109-114.
- Moraza, L.M. y I. Balanzategui, 2015. Clase: Arachnida, Subclase: Acari, Orden Mesostigmata. En: *Revista IDE@ - SEA*, nº 12 (30-06-2015): 1–16. ISSN 2386-7183. España.
- Mori, K., Y. Saito, T. Sakagami., 1999. Effects of the nest web and female attendance on survival of young in a sub social spider mite, *Schizotetranychus longus* (Acari: Tetranychidae). Exp. Appl. Ácarol. 23, 411-418. <https://doi.org/10.1023/A:1006165606428>
- Morrone JJ. 2014. Biodiversidad de Curculionoidea (Coleoptera) en México. Revista Mexicana de Biodiversidad. 85: 312- 324.
- Mourão, S.A.; Silvia, J.C.T.; Guedes, R.N.C.; Venzon, M.; Jham, G.N.; Oliveyra, C.L.; Zanuncio, J.C. 2004. Seletividade de Extratos de Nim (*Azadirachta indica* A. Juss.) ao ácaro predador *Iphiseiodes zuluagai* (Denmark & Muma) (Acari: Phytoseiidae). Neotropiocal Entomology. 33:613-617. DOI:[10.1590/S1519-566X2004000500011](https://doi.org/10.1590/S1519-566X2004000500011)
- McMurtry, J. A. 1970. Some factors of foliage condition limiting population growth of *Oligonychus punicae* (Acarina. Tetranychidae). Ann. Entomol.soc. Am. 63:406-412. <https://doi.org/10.1093/aesa/63.2.406>

- McMurtry J.A. 1992. The role of exotic natural enemies in the biological control of insect and mite pests of avocado in California. World Avocado Congress II. Proceeding. Volume I. University of California, Riverside and California Avocado Society. p. 247-252.
- McMurtry, J.A. 1997. Life of Phytoseiidae mites and their importance in biological control. Memoria. XX Congreso nacional de control biológico. Universidad de Guadalajara. Sociedad Mexicana de Control Biológico. p. 1-6. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.42.1.291>
- McMurtry, J. A., De Moraes, G. J. y Sourassou, N. F. 2013. Revision of the lifestyles of phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae) and implications for biological control strategies. Systematic and Applied Ácarology, 18, 297-320. <https://doi.org/10.11158/saa.18.4.1>
- Musah, R.A., Q. He, R. Kubec, y A. Jadhav. 2009. Studies of a Novel Cysteine Sulfoxide Lyase from *Petiveria alliacea*: The first Heremic Alliinase. En: Plant physiology. Vol. 151, pp 1304-1316. Descargado en línea el día 2 de Noviembre de 2019. doi: 10.1104/pp.109.142430
- NAPPO, North American Plant Protection Organization. 2014. Identificación morfológica de las arañas rojas (Tetranychidae) que afectan a las frutas importadas. Secretaría de la Organización Norteamericana de Protección a las Plantas 1431 Merivale Road, 3rd Floor, Room 140 Ottawa, Ontario, Canadá.
- Navarro-Campos, C., A. Calabuig y F. Garcia-Marí., 2016. Guía de identificación Ácaros y sus enemigos naturales. Universidad politécnica de valencia. España. 52 p.
- Noyes, J. S., 2009. Universal Chalcidoidea Database. World Wide Web electronic publication. www.nhm.ac.uk/entomology/chalcidoids/index.html.
- Ochoa R, Aguilar H, y Vargas C., 1994. Phytophagous mites of Central America: An illustrated guide. Manual Técnico, CATIE, Turrialba, Costa Rica, 234 p.
- Paes V. 2009. Controle Biológico de Pragas. Editora UFLA. 429 p.

- Parvin, M. M. y Haque, M. M. 2008. Control of two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) by predators on potted plants. Univ. j. zool. Rajshahi Univ. 27, 51-54.
- Peña, J. y Wysoki, M. 2008. Plagas en Israel, México, Estados Unidos, Centroamérica y Perú. pp. 303-309. En: Ripa R. y Larral P. (Eds.). Manejo de Plagas en paltos y cítricos. Serie Documental: Colección Libros INIA - Instituto de Investigaciones Agropecuarias N° 23. Ministerio de Agricultura, Chile. http://www.avocadosource.com/books/ripa2008/ripa_chapter_11b.pdf
- Pérez-Leal, R.; García-Mateos, M. R.; Martínez-Vásquez, M.; y M. Soto-Hernández. 2006. Actividad citotóxica y antioxidante de *Petiveria alliacea* L. En Revista Chapingo serie horticultura, vol. 12, núm. 1, enero-junio, 2006, pp. 51-56. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México.
- Pitty, A. y Muñoz, L. 1991. Guía práctica para el manejo de malezas. El Zamorano. Escuela Agrícola Panamericana. Tegucigalpa. 1991, 223 p.
- Rahman, S ; Chandra,B,N; Ferdous,T y Kumar,B,S. 2016. Plant extract as selective pesticide for integrated pest management. En: Biotechnological research 2(1):6-10
- Ramos M, y Rodríguez H. 2006. Riqueza de los fitoseidos (Acari: Mesostigata) en agroecosistemas en Cuba. Fitosanidad. 2006; 10(3):1-6.
- Razik, M.A. y Mohammed H. 2019. Toxicity of some pesticides and plant extracts on *Tetranychus urticae* and its predator, *Phytoseiulus persimilis*. Int. J. Zool. Res., 15: 28-37. DOI: 10.3923/ijzr.2019.28.37
- Roccuzzo, S., Beckerman, A.P. y Pandhal, J. 2016. The use of natural infochemicals for sustainable and efficient harvesting of the microalgae *Scenedesmus* spp. for biotechnology: insights from a meta-analysis. Biotechnol Lett 38: 1983. DOI: 10.1007/s10529-016-2192-2. <http://link.springer.com/article/10.1007/s10529-016-2192-2/fulltext.html>

- Rodríguez H y Ramos M. 2004, Biology and feeding behavior of *Amblyseius largoensis* (Muma) (Acari: Phytoseiidae) on *Polyphagotarsonemus latus* (Banks) (Acari: Tarsonemidae). Rev. Protección Veg.; 19(2):73-79.
- Sabrine A., K.L. Grissa, Z. Ghrabi-Gammar, A. C. Maillieux. G. Logna y T. Rance. 2011. Assessment of the acaricidal activity of several plant extracts on the phytophagous mite *Tetranychus urticae* (Tetranychidae) in Tunisian citrus orchards. In: Bulletin S.R.B.E. /K.B. V.E., 147 (2011): 71-79
- SAGARPA/SENASICA. 2019. Manual de colecta y preservación y envío de ejemplares de malezas. México. Consultado en línea 29 octubre 2019. [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/260230/Manual de Recolecta Preservación y Envío de Ejemplares de Maleza 1 .pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/260230/Manual_de_Recolecta_Preservacion_y_Envio_de_Ejemplares_de_Maleza_1.pdf).
- Sances FV, Toscano NC, Hoffmann MP, Lapre LF, Johnson MW, y JB Bailey. 1982. Physiological responses of avocado leaves to avocado brown mite feeding injury *Oligonychus punicae*. Environmental Entomology 11: 516–518. <https://doi.org/10.1093/ee/11.2.516>
- Sánchez, P.J. de la L., Alcántar, R.J.J., Coria, A.V.M., Anguiano, C.J., Vidales, F.I., Tapia, V.L.M., Aguilera, M.J.L., Hernández, R.G. y Vidales, F.J.A. 2001. Tecnología para la producción de aguacate en México. INIFAP. CIRPAC. C.E. Uruapan. Libro técnico No. 1. Uruapan, Michoacán, México. 208 p.
- SIAP, 2018. Servicio de información Agroalimentaria y Pesquera. Cierre de la Producción agrícola por cultivo <http://www.siap.gob.mx>. (Consulta el 16 de Octubre del 2018).
- SIAP, 2019. Servicio de información Agroalimentaria y Pesquera. Cierre de la Producción agrícola por cultivo <http://www.siap.gob.mx>. (Consulta el 12 de Abril del 2019). http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/ResumenProducto.do
- Singh, A., Singh, D.K., Mishra, T.N., Agarwal, R.A. 1996. Molluscicides of plant origin. Biol. Agri. Horti. 13: 205–252. <https://doi.org/10.1080/01448765.1996.9754782>

- Singh, N., y Sharma, B. 2018. Toxicological effect of berberine and sanguinerine. De: Mol Biosci. 2018 Mar 19;5:21 Sec. Cellular Biochemistry. <https://doi.org/10.3389/fmolb.2018.00021>
- Soto, A.; Venzon, M.; Oliveira, R.; Oliveira, H.; y Pallini, A. 2010. Alternative control of *Tetranychus evansi* Baker & Pritchard (Acari: Tetranychidae) on tomato plants grown in greenhouses. Neotropical Entomology. 39(4):363-368. DOI: 10.1590/s1519-566x2010000400027.
- Tamayo P.J., 2007. Enfermedades del aguacate. Revista Politécnica, 4:52-71.
- Vela, J.M., J. González-Fernández, E. Wong, M. Montserrat, J.M. Farré, J.R. Boyero. 2007. El ácaro del aguacate (*Oligonychus perseae*): Estado actual del problema e investigación en Andalucía. Agrícola Vergel 306, 301-308.
- Viegas, Jr., C. 2003. Terpenos com atividade inseticida: Uma alternativa para o controle químico de insetos. Química Nova. 26:390-400. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422003000300017>.
- Villarreal-Q., J.A., 1983. Malezas de Buenavista. Coahuila. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Zappalà, L., Russo, A., Tropea Garzia, G., Kreiter, S. y Auger, P. 2015. First record of the Persea Mite *Oligonychus perseae* (Acari: Tetranychidae) in Italy with a review of the literature. International Journal of Ácarology, 41(2), 97–99. <https://doi.org/10.1080/01647954.2015.1014415>.
- Zhou, H., Chen, L., Liu, Y., Chen, J. y Francis, F. 2016. Use of slow-release plant infochemicals to control aphids: A first investigation in a Belgian wheat field. Scientific Reports. 6:31552. <https://doi.org/10.1038/srep31552>.

XI. ANEXO I



Volume 48, Number 2
June 2023



SOUTHWESTERN ENTOMOLOGIST

A Quarterly Journal Published by the Society of Southwestern Entomologists

Ethanollic Plant Extracts as Potential Biomitocides Against *Oligonychus perseae* (Acari: Tetranychidae) on Avocado in Mexico

Authors: Castañeda-Cabrera, Cecilio, Perales-Segovia, Catarino, López-Muraira, Irma Guadalupe, Miranda-Salcedo, Mario, Garcia-Munguia, Alberto Margarito, et al.

Source: Southwestern Entomologist, 48(2) : 333-340

Published By: Society of Southwestern Entomologists

URL: <https://doi.org/10.3958/059.048.0206>

BioOne Complete (complete.BioOne.org) is a full-text database of 200 subscribed and open-access titles in the biological, ecological, and environmental sciences published by nonprofit societies, associations, museums, institutions, and presses.

Your use of this PDF, the BioOne Complete website, and all posted and associated content indicates your acceptance of BioOne's Terms of Use, available at www.bioone.org/terms-of-use.

Usage of BioOne Complete content is strictly limited to personal, educational, and non - commercial use. Commercial inquiries or rights and permissions requests should be directed to the individual publisher as copyright holder.

BioOne sees sustainable scholarly publishing as an inherently collaborative enterprise connecting authors, nonprofit publishers, academic institutions, research libraries, and research funders in the common goal of maximizing access to critical research.

Ethanolic Plant Extracts as Potential Biomitocides against *Oligonychus perseae* (Acari: Tetranychidae) on Avocado in Mexico

Cecilio Castañeda-Cabrera¹, Catarino Perales-Segovia^{1*}, Irma Guadalupe López-Muraira², Mario Miranda-Salcedo³, Alberto Margarito García-Munguía⁴, and Héctor Silos-Espino¹

Abstract. *Oligonychus perseae* Tuttle, Baker & Abbatiello (Acari: Tetranychidae) is an economically important pest of avocado (*Persea americana* Mill.) in Mexico. Resistance reduced the efficacy of broad-spectrum mitocides used to control this pest. Identification of reliable and more environmentally friendly alternatives is crucial for reduction of pesticide use in agriculture. This study determined the efficacy of three plant extracts derived from wild species, *Petiveria alliacea* L. (Phytolaccaceae), *Reseda luteola* L. (Resedaceae), and *Isocoma hartwegii* (A. Gray) Greene (Asteraceae) for control of the mite. *In vitro* and field experiments were done. Ethanolic wild plant extracts from *Petiveria alliacea* and *Isocoma hartwegii* killed most mites by 24 hours after application in *in-vitro* assays. At field conditions, most effective extracts were from *Petiveria alliacea* and *Reseda luteola*. Two commercial products derived from *Azadirachta indica* extract and combination of pepper + garlic extracts had good efficacy at *in vitro* and field conditions.

Introduction

Mexico is the main producer and exporter of avocado (*Persea americana* Mill.) in the world, with 231,028 ha planted (SIAP 2019) and 2,029,886 tons harvested -- more than 30% of the total harvested worldwide (FAOSTAT 2019). During cultivation, plants are affected by persea mite, *Oligonychus perseae* Tuttle, Baker & Abbatiello (Acari: Tetranychidae), one of the most important pests of avocado. Infestation can reduce the rate of photosynthesis in plants by 50%, consequently limiting yield in affected plots by more than 20% (Maoz et al. 2011). Infestation starts from the bottom of the plant, gradually progressing upward to the top (McMurtry 1970). Pesticides are the most used control (Sato et al. 2005, Nicastro et al. 2013, Bouriga et al. 2016, Rahman et al. 2016), however, pesticides can have adverse effects on the environment and human health and kill beneficial predatory mites. In many cases, pesticides are the most available method of control in the field (Guo and Zhangand 1998), however, the pest can develop resistance in a short period to different chemical control groups (Sato et al. 2005, Jia et al. 2011, Nicastro et al. 2013, Zhang

¹Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico El Llano Aguascalientes; cecilio.castaneda@gmail.com

²Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Tlajomulco; lopezmuraira@hotmail.com

³INIFAP Apatzingán; mmiranda8@hotmail.com

⁴Universidad Autónoma de Aguascalientes, Centro de Ciencias Agropecuarias; almagamu@hotmail.com

*Correspondence: catarino.ps@llano.tecnm.mx

et al. 2016). Development of resistance is associated with characteristics of the mite such as its small size, great reproductive rate, short life cycle, adaptability, and high mutation rate (Jia et al. 2011, Zhang et al. 2016). Synthetic miticides also have significant negative impact on beneficial predatory mites and predatory insects (Reis et al. 1998, Yamamoto and Bassanezi 2003, Cosimi et al. 2009, Sertkaya et al. 2010).

An alternative for control of phytophagous mites has been use of ethanolic extracts from wild plant species (Castagnoli et al. 2005, Duso et al. 2008, Cerna-Chávez et al. 2009, Bouriga et al. 2016). Many plant compounds, especially alkaloids and terpenoids affect behavior, growth and development, reproduction, and survival of insects. *Tetranychus urticae* Koch (Arachnida: Acari: Tetranychidae) and Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama (Insecta: Hemiptera: Psyllidae), can be controlled by garlic extract (*Allium sativum* L.), oregano extract (*Lippia graveolens* Kunth) (Cazares et al. 2014), and chili extract (*Capsicum* spp.) (Hincapie et al. 2008). Effect on different species of agricultural pests by capsaicinoids has also been shown at laboratory and field conditions (Li et al. 2019). Laboratory evaluation of susceptibility of adult *T. urticae* to garlic distillate at different concentrations found diallyl disulfide was the most abundant metabolite in garlic distillate that reduced fertility and increased mortality of female two-spotted spider mites (Attia et al. 2011). Similarly, evaluating the potential of plant extracts against *T. urticae* at laboratory conditions found that hydroethanolic (HE) extracts from *Matricaria chamomilla* L. and aqueous extracts (AE) of *Pimpinella anisum* L. killed 83% of *T. urticae* adult females within 120 hours after application. *Origanum vulgare* L. (HE) killed 75% of the same mite species by 24 hours after application. In contrast, other plant extracts such as *P. anisum*, *O. vulgare*, and *Artemisia absinthium* L. (wormwood) only repelled (Gomes et al. 2018).

Conservation of beneficial native predators helps suppress phytophagous mites. Natural insecticides and beneficial predators effectively reduce pressure from pesticide-resistant pests (Garcia-Mari and Gonzalez-Zamora 1999, Maggi 2004). The objective of this research was to identify reliable alternatives to reduce use of synthetic pesticides in agriculture. Different plant extracts were evaluated.

Materials and Methods

Laboratory experiments were done at Tecnológico Nacional de Mexico (TecNM), Instituto Tecnológico El Llano Aguascalientes (ITEL) in 2020. Field experiments were done during the 2021 growing season in a commercial orchard of 'Hass' avocado at Atenquique, Jalisco, Mexico 1,164 m above sea level at 19°31'15" N 103°26'35" W.

Ethanolic extracts were prepared from wild plant species *Petiveria alliacea* (Phytolaccaceae), *Reseda luteola* (Resedaceae), and *Isocoma hartwegii* (Asteraceae). Two commercial products from plant extracts were used as references. Ethanolic extracts of wild plants were obtained from whole plant tissues such as root, stem, leaves, and fruits. Tissues were collected and dried in dark conditions in the shade for 30 days at $28 \pm 2^\circ\text{C}$. Plant parts were ground in a high-speed mill at 32,000 r/min for 5 minutes until particles 0.5 to 10 mm were obtained. For 50% ethanolic extract, 100 g of ground plant parts were weighed, and 200 ml of 96% ethanol was added. The mixture was put into dark bottles for 24 hours, then filtered, and the bottles were filled to 200 ml to obtain 50% ethanolic plant extract. The procedure was done separately for each plant species and organ.

O. perseae were collected from a commercial avocado orchard and reared on susceptible avocado plants in a greenhouse. Green bean plants, *Phaseolus vulgaris* L., in a greenhouse were used for *in vitro* tests. The experiment used 3-cm-diameter disks of green bean leaves. The leaf disks were put onto moistened filter paper, and each leaf disk was infested with 10 adult mites. Each treatment was replicated four times. The concentration for every ethanolic extract of wild plant species was 10 ml per liter of extract in water.

Treatments evaluated were six in *in vitro* assays and seven in the field experiment (Table 1). Green bean leaf disks were dipped in plant extract solutions of known concentrations. The rate of the ethanolic plant extract was 10 ml per liter of extract in water. Treated leaf disks 2 cm in diameter were put into Petri dishes 9 cm in diameter lined with moistened filter paper. Ten adult mites were put onto each leaf disk.

Commercial rates were used for CapsiAlil, AzaDirect, and Bannen. The field was sprayed once by a Shindaiwa motorized sprayer fitted with hollow cone nozzle #8. The water volume was 500 liters/ha.

For *In vitro* assays, dead *O. perseae* were counted at 24, 48, 72, 96, and 120 hours after treatment. A randomized block design was used with four replications. Numbers of surviving individuals per leaf were counted at 24, 48, 72, 144, and 168 hours after application of treatments in the field. A randomized block design was used with four replications to block the dust of the road beside the experiment.

Data obtained were subjected to analysis of variance and Fisher's means comparison test (5% LSD). Efficacy was calculated using the Henderson and Tilton (1995) formula, with the SAS 9.0 statistical package.

Table 1. Ethanolic Extract from Wild Plant Species Used Against Avocado Persea Mite, *Oligonychus perseae* *In Vitro* and in the Field at Atenquique, Jalisco, Mexico

Treatment	Scientific name	Family	Rate ml/liter water
Non-treated	Water	--	--
Guinea hen weed*	<i>Petiveria alliacea</i>	Phytolaccaceae	10
Rayless goldenrod*	<i>Isocoma hartwegii</i>	Asteraceae	10
Weld*	<i>Reseda luteola</i>	Resedaceae	10
CapsiAlil**	<i>Allium sativum</i> + <i>Capsicum</i> sp.	Amaryllidaceae + Solanaceae	2.5
Azadirect 1.2 CE**	<i>Azadirachta indica</i>	Meliaceae	2.5
Bannen 1.8 CE***	Abamectin 1.8 CE		2.4

*ethanolic extract; **commercial plant extract; ***chemical pesticide

Results

Petiveria alliacea was most effective against *O. perseae* *in vitro* at all evaluation dates, followed by *Isocoma hartwegii* and *Reseda luteola* at 24 hours (Table 2). At 120 hours, the three ethanolic extracts had similar effect. Commercial plant extracts controlled phytophagous mites in the controlled environment.

Ethanolic extracts from wild plant species *P. alliacea* and *R. luteola*, and commercial plant extracts showed good efficacy against *O. perseae* under field conditions compared with a nontreated check. Excellent effect of *P. alliacea* against

avocado persea mite was because the wild plant had sulfur compounds and probably allinases (diallyl thiosulfonates) (Musah et al. 2009, Attia et al. 2011), as well as polysulfide and benzenoids (Neves et al. 2011). The molecules are the main glycoproteins responsible for repellency and/or acaricidal effect (García-Gutiérrez et al. 2012) in commercial extracts of chili and garlic, and toluenethiol, phyto, dibenzyl disulfide, and benzaldehyde in *Petiveria* (Kerdudo et al. 2015). Commercial plant extracts (Azadirect and Capsialil) had excellent effect probably because azadirachtin, the main component of *A. indica*, is a very effective bioinsecticide. The result has been observed in other pests such as *T. urticae* in strawberry, reducing abundance by more than 80% (Bernandi et al. 2013). Similar effect was observed with commercial chili and garlic extract (Capsialil) probably because Capsialil has garlic extract and it has allicin (diallyl thiosulfonate), diallyl disulfide, S-allylcysteine, and diallyl trisulfide. Similar results were reported by other researchers who evaluated the effect on chili, garlic, and oriental fir that was more than 95% effective against *T. urticae* (Firester 2011). The effect of abamectin was excellent at 24 hours, but less at 168 hours (Fig. 1). The synthetic miticide was less effective after 144 hours (AA), probably because of constant use of the active ingredient (Lemus-Soriano and Pérez-Aguilar 2016).

Table 2. Effect of Ethanolic Extracts from Wild Plants against Individuals of *O. perseae* In Vitro Bioassay, 2020

Treatment	% of <i>O. perseae</i> dead (hours after treatment)				
	24	48	72	96	120
Non-treated	00.00 a	00.00 a	60.66 a	33.33 a	53.33 a
<i>Petiveria alliaceae</i>	40.00 b	40.00 b	53.33 b	86.66 bc	93.33 b
<i>Isocoma hartwegii</i>	33.33 b	46.66 b	66.66 b	66.66 b	73.33 ab
<i>Reseda luteola</i>	60.66 a	40.00 b	66.66 b	73.33 bc	80.00 ab
Capsialil	100 c	100 c	100 c	100 c	100 b
AzaDirect 1.2 CE	100 c	100 c	100 c	100 c	100 b

Means followed by different letters in a column differ significantly by LSD_{0.05} test.



Fig. 1. Efficacy of ethanolic extracts from wild plant extracts against *O. perseae* at field conditions, Atenquique Jalisco, Mexico, 2021.

Discussion

We assessed effects of ethanolic extracts from wild plants on survival of adult avocado persea mites. We determined that, at field conditions, *Petiveria alliacea* and *Reseda luteola* were the most effective non-commercial plant extracts tested against *O. perseae*. Commercial plant extracts and synthetic miticide abamectin also were effective at field conditions. Efficacies of ethanolic extracts from wild plants against avocado persea mites were similar to those of commercial extracts.

Compounds in plants directly affect avocado mites, and species of mites differ in sensitivity. Current literature includes studies using commercial extracts such as azadirachtin, chili pepper, garlic, and other plant species to assess impact on mites on other crops (Hincapie et al. 2008, Cazares et al. 2014, Gomes et al. 2018). No previous study used *Petiveria alliacea* or *Reseda luteola*, making this experiment unique and applicable.

Generally, all ethanolic extracts from wild plants and commercial extracts had some activity against avocado persea mites. Activity of *Petiveria* and chili plus garlic extracts can be attributed to glycoprotein allinases (diallyl thiosulfonates) (Musah et al. 2009, Attia et al. 2011) known to have repellent and acaricidal effects (García-Gutiérrez et al. 2012, Kerdudo et al. 2015). In conclusion:

1. Ethanolic extracts from wild plants affect death and survival of *O. perseae* at *in-vitro* and field conditions.
2. *P. alliacea* extract was strongest (more than 85%) against *O. perseae*.
3. Commercial plant extracts had good efficacy against *O. perseae* at *in-vitro* and field conditions.
4. Research on use of plant extracts should be continued in areas with different weather conditions.

Acknowledgment

To Tecnológico Nacional de México (TecNM), Instituto Tecnológico El Llano Aguascalientes (ITEL), Division of Postgraduate Studies and Research (DEPI-ITEL) and the National Council of Science and Technology (CONACYT-MÉXICO) for the support granted with scholarship number 2019- 000002-01NACF-03012.

References Cited

- Attia, S., K. L. Grissa, A. C. Mailleux, G. Lognay, S. Heuskin, S. Mayoufi, and T. Hance. 2011. Effective concentrations of garlic distillate (*Allium sativum*) for the control of *Tetranychus urticae* Acari: Tetranychidae. J. App. Entomol. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.2011.01640.x>
- Bernardi, D., M. Botton, U. S. Cunha, O. Bernardi, T. Malausa, M. S. Garcia, and D. E. Nava. 2013. Effects of azadirachtin on *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) and its compatibility with predatory mites (Acari: Phytoseiidae) on strawberry. Pest Management Science 69: 75-80.
- Bouriga, V. E., S. M. Vargas, O. J. Ayala, C. M. Lara, y G. M. Contreras. 2016. Evaluación de insecticidas orgánicos para el control de ácaros en el cultivo de aguacate. Entomol. Mex. 3: 125-130.
- Castagnoli, M., M. Liguori, S. Simoni, and C. Duso. 2005. Toxicity of some insecticides to *Tetranychus urticae*, *Neoseiulus californicus* and *Tydeus californicus*. Biocontrol 50: 611-622.

- Cazares, A. N. P., S. M. J. Verde, A. J. I. Lopez, y I. H. Almeydaleon. 2014. Evaluación de diferentes extractos vegetales contra el psílido asiático de los cítricos *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae). Rev. Colomb de Entomol. 40: 67-73.
- Cerna-Chávez, E., J. Landeros, Y. M. Ochoa-Fuentes, J. J. Luna-Ruiz, O. Vázquez-Martínez, y O. Ventura-López. 2009. Tolerancia del ácaro *Tetranychus urticae* Koch a cuatro acaricidas de diferente grupo toxicológico. Investigación y Ciencia 44: 4-10.
- Cosimi, S., E. Rossi, P. L. Cioniand, and A. Canale. 2009. Bioactivity and qualitative analysis of some essential oils from mediterranean plants against stored-product pests: evaluation of repellency against *Sitophilus zeamais* Motschulsky, *Cryptolestesfer rugineus* (Stephens) and *Tenebriomolitor* (L.). J. Stored Prod. Res. 45: 125-132.
- Duso, C., M. Malagnini, A. Pozzebon, M. Castagnoli, M. Liguori, and S. Simoni. 2008. Comparative toxicity of botanical and reduced-risk insecticides to Mediterranean populations of *Tetranychus urticae* and *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Tetranychidae, Phytoseiidae). Biol. Contr. 47:16-21.
- FAOSTAT (Food and Agricultural Organization Statistical). 2019. <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC> Accessed 23 April 2019.
- Firester, K. 2011. Plant extracts as natural insecticides. <http://www.amnh.org/learn-teach/young-naturalist-awards/winning-essays2/2011-winningessays/plant-extracts-as-natural-insecticides>, pp. 4-5. EE.UU, New York. Accessed 9 January 2022.
- García-Gutiérrez, C., R. L. Gómez-Peraza, C. E. López Aguilar, y A. L. Valdez. 2012. Insecticidas Biorracionales para el control de mosquitos y moscas negras en Sinaloa, pp. 47-55. *En* Ra Ximhai 8(3) Septiembre-Diciembre.
- Garcia-Mari, F., and J. Gonzalez-Zamora. 1999. Biological control of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) with naturally occurring predators in strawberry plantings in Valencia, Spain. Exp. Appl. Acarol. 23: 487-495.
- Gomes, T. V., M R. Vieira, M. G. L. Manore, and N. M. C. Gabas. 2018. Plant extracts with potential to control of two-spotted spider mite. Arq. Inst. Biol. 85: 1-8, e0762015. <https://doi.org/10.1590/1808-1657000762015>.
- Guo, F., and Z. Zhangand. 1998. Pesticide resistance of *Tetranychus cinnabarinus* (Acari: Tetranychidae) in China: a review. Syst. Appl. Acarol. 3: 3-7.
- Henderson, C. F., and E. Tilton. 1995. Test with acaricides against the brown wheat mite. J. Econ. Entomol. 48: 157-161.
- Hincapie, L. C. A., A. C. Lopera, y G. M. Ceballos. 2008. Actividad insecticida de extractos de *Annona muricata* (Anonaceae) sobre *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). Rev. Colomb. de Entomol. 34: 76-82.
- Jia, F. L., J. Chen, D. Chen, D. D. Wang, and G. H. Dai. 2011. Biological activity of extracts from 8 species of plants against *Tetranychus cinnabarinus*. Chin. Agric. Scie. Bull. 27: 286-291.
- Kerdudo, A., V. Gonnot, E. N. Ellong, L. Boyer, T. Michel, S. Adenet, K. Rochefort, and X. Fernandez. 2015. Essential oil composition and biological activities of *Petiveria alliacea* L. from Martinique. Journal Essential Oil Research 27: 186-196. <https://doi.org/10.1080/10412905.2015.1014118>
- Lemus-Soriano y Pérez-Aguilar. 2016. Control químico del acaro café del aguacate *Oligonychus punicae* (Hirst, 1926) (Acari: Tetranychidae). Entomología Mexicana 3: 349-353. <http://www.socmexent.org/entomologia/revista/2016/EA/Em%20349-353.pdf>

- Li, B., M. Yang, R. Shi, and Y. Min. 2019. Insecticidal activity of natural capsaicinoids against several agricultural insect. *journals.sagepub.com/home/npx*. <https://doi.org/10.1177/1934578x19869625>
- Maggi, M. 2004. Insecticidas Naturales. Origen de los Pesticidas Naturales. Laboratorio de Química Fina y Productos Naturales. Agencia Córdoba Ciencia - Unidad CEPROCOR, Córdoba, Argentina.
- Maoz, Y., S. Gal, M. Zilberstein, Y. V. Izhar, and M. Alchanatis. 2011. Determining an economic injury level for perseá mite, *Oligonychus perseae*, a new pest on avocado in Israel. *Entomologia Experimentalis Applicata* 138: 110-116.
- McMurtry, J. A. 1970. Some factors of foliage condition limiting population growth of *Oligonychus punicae* (Acari: Tetranychidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.* 63: 406-412.
- Musah, R. A., Q. He, R. Kubec, y A. Jadhav. 2009. Studies of a novel cysteine sulfoxide lyase from *Petiveria alliacea*: the first hermeric alliinase. *Plant Physiology* 151: 1304-1316.019.
- Neves, I. I. de A., C. A. G. da Camara, J. C. S. de Oliveira, and A. V. de Almeida. 2011. Acaricidal activity and essential oil composition of *Petiveria alliacea* L. from Pernambuco (Northeast Brazil). *Journal Essential Oil Research* 23: 23-26. <https://doi.org/10.1080/10412905.2011.9700426>
- Nicastro, R. L., M. E. Sato, and V. Arthur. 2013. Chlorfenapyr resistance in spider mite *Tetranychus urticae*: stability, cross-resistance and monitoring of resistance. *Phytoparasitica* 41: 503-513. <https://doi.org/10.1007/s12600-013-0309-x>
- Rahman, A., K. Islam, M. Jahan, and N. Islam. 2016. Efficacy of three botanicals and a microbial derivatives acaricide (abamectin) on the control of jute yellow mite, *Polyphagotarsonemus latus* (Bank). *Journal Bangla Agricul, University* 14: 1-6. <https://www.banglajol.info/index.php/JBAU/article/view/30588>
- Reis, P. R., L. G. Chiavegato, G. J. Moraes, E. G. de Alves, y E. O. Sousa. 1998. Seletividade de agroquímicos ao ácaro predador *Iphiseiodes zuluagai* Denmark & Muma (Acari: Phytoseiidae). *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil, Londrina* 27: 265-274.
- Sato, M. E., M. Z. Da Silva, A. Raga, and M. F. De Souza Filho. 2005. Abamectin resistance in *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae): selection, cross-resistance and stability of resistance. *Neotropical Entomology* 34: 991-998 <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2005000600016>
- Sertkaya, E., K. Kaya, and S. Soylu. 2010. Acaricidal activities of the essential oils from several medicinal plants against the carmine spider mite (*Tetranychus cinnabarinus* Bois.) (Acarina: Tetranychidae). *Industrial Crops Products* 31: 107-112. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2009.09.009>
- SIAP (Servicio de información Agroalimentaria y Pesquera). 2019. Cierre de la Producción agrícola por cultivo <http://www.siap.gob.mx> Consulta 12 Abril 2019. http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/ResumenProducto.do
- Yamamoto, P. T., y R. B. Bassanezi. 2003. Seletividade de produtos fitossanitários aos inimigos naturais de pragas dos citros. *Laranja, Cordeirópolis* 24: 353-382.
- Zhang, Y., Z. Xu, Q. Wu, M. Peng, Y. Liu, and X. Liu. 2016. Identification of differentially expressed micro RNAs between the fenpropathrin resistant and susceptible strains in *Tetranychus cinnabarinus*. *PlosONE* 11. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0152924>

