



**COLEGIO DE POSTGRADUADOS**

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

**CAMPUS VERACRUZ**

**POSTGRADO EN AGROECOSISTEMAS TROPICALES**

**EFECTO DE *Tetranychus merganser* SOBRE LA CALIDAD DEL  
FRUTO DE PAPAYO Y SU CONTROL BIOLÓGICO EN LA ZONA  
CENTRAL COSTERA DE VERACRUZ**

**MARTHA ESCARLET BERISTAIN MORENO**

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE:

**MAESTRA EN CIENCIAS**

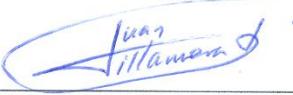
TEPETATES, MANLIO FABIO ALTAMIRANO, VERACRUZ, MÉXICO

2019

La presente tesis, titulada: **Efecto de *Tetranychus merganser* sobre la calidad del fruto de papayo y su control biológico en la zona central costera de Veracruz**, realizada por la alumna: **Martha Escarlet Beristain Moreno**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRÍA EN CIENCIAS  
AGROECOSISTEMAS TROPICALES

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO:   
DR. JUAN ANTONIO VILLANUEVA JIMÉNEZ

ASESOR:   
DR. GABRIEL OTERO COLINA

ASESOR:   
DR. FRANCISCO OSORIO ACOSTA

ASESOR:   
MARYCRUZ ABATO ZÁRATE

Tepetates, Manlio Fabio Altamirano, Veracruz, México, 13 de Mayo de 2019

EFFECTO DE *Tetranychus merganser* SOBRE LA CALIDAD DEL FRUTO DE PAPAYO Y  
SU CONTROL BIOLÓGICO EN LA ZONA CENTRAL COSTERA DE VERACRUZ

Martha Escarlet Beristain Moreno, M. C.

Colegio de Postgraduados, 2019

La papaya (*Carica papaya* L.) es una fruta de gran importancia económica, se cultiva en zonas tropicales y subtropicales del Golfo de México y del Pacífico; el estado de Veracruz es uno de los principales productores de papaya, por lo que es crucial conocer y atender los factores que disminuyen la productividad y la calidad en el producto. Los agricultores están conscientes de la problemática que representan los ácaros para sus cultivos; sin embargo, no reconocen el beneficio que los ácaros fitoseidos pueden aportar como enemigos naturales. Por lo que el objetivo de este estudio fue evaluar los atributos como agente de control biológico de *Galendromus pilosus* sobre las poblaciones de *Tetranychus merganser* y el daño que este ácaro plaga ocasiona, sobre la calidad del fruto de papaya en la zona Central Costera del estado de Veracruz. Se entrevistaron a 42 productores de papaya, los cuales identifican a los ácaros como el problema principal en el desarrollo del cultivo. En cuanto a la calidad del fruto, los productores indicaron que el principal problema dificulta la comercialización es la deformación, con 32.85 % de menciones ponderadas, seguido de la antracnosis con un 23.75 %. Los productores perciben que el daño ocasionado por ácaros es mayor durante el desarrollo de la planta, ya que afecta el rendimiento del cultivo de papaya y ocasiona pérdidas económicas. En la evaluación de los atributos de *G. pilosus* en condiciones de laboratorio, el tiempo de desarrollo de huevo a adulto fue de  $6.08 \pm 0.74$  días. La tasa intrínseca de crecimiento de *G. pilosus* fue de 0.14 al alimentarse de *T. merganser*, lo que indican que cuenta con el potencial para ser un agente de control biológico en huertas de papaya.

Palabras clave: Ácaro depredador, ácaro fitófago, atributos, calidad, percepción.

EFFECT OF *Tetranychus merganser* ON THE QUALITY OF THE PAPAYO FRUIT AND ITS  
BIOLOGICAL CONTROL IN THE CENTRAL COASTAL ZONE OF VERACRUZ

Martha Escarlet Beristain Moreno, M. C.

Colegio de Postgraduados, 2019

The papaya (*Carica papaya* L.) is an economically important fruit grown in tropical and subtropical areas of the Gulf of México and the Pacific Ocean; Veracruz is one of the largest producing states of papaya; thus, it is important to know and to attend the factors diminishing productivity and product quality. Growers are conscious of the problem represented by mites for their crops; however, they do not recognize the benefits that phytoseiid mites might provide as natural enemies. So that, the objective of this study was to evaluate the attributes of *Galendromus pilosus* as biological control agent against *Tetranychus merganser* populations and the damage caused by this mite on fruit quality of papaya in the Central Coastal area of Veracruz State. Forty-two papaya growers were surveyed, which are capable to identify mites as the main problem in the development of the crop. In regard to fruit quality, the largest problem that hinders commercialization is fruit deformation, with 32.85 % of weighted mentions, followed by anthracnosis with 23.75 %. Growers perceive that the damage caused by mites is larger during the development of the plant, affecting yields of papaya crops, and producing economic losses. During the evaluation of *G. pilosus* attributes under laboratory conditions, the development time from egg to adult was  $6.08 \pm 0.74$  days. Intrinsic rate of growth of *G. pilosus* was 0.14 when feeding on *T. merganser*, indicating that it has the potential as a biological control agent in papaya orchards.

Key words: Attributes, perception, phytophagous mites, predatory mites, quality.

## DEDICATORIA

A Dios, por iluminarme y llenarme de fe en los momentos más importantes que viví durante este proceso.

A mi padre Pedro Beristain Alcaraz, por darme la vida, su tiempo y apoyo en todo momento, aconsejándome en las decisiones que he tomado en el transcurso de mi vida; por darme ánimos y las bases para ser la persona que soy hoy en día; por ser mi padre, madre y amigo al mismo tiempo.

A mi abuelita Martha Alcaraz Vivanco†, por ser una madre para mí; por darme ánimos y amor; por motivarme a obtener el grado de M. en C.; por cuidarme en los momentos de enfermedad y salud; por darme su apoyo durante la etapa en la que decidí ser independiente. A pesar de no estar conmigo durante mi obtención de grado, estarás siempre presente en mi vida.

A mi hermana Dayana y a mis sobrinos Ileana y Saúl, que me dieron momentos de diversión durante la etapa final de este proceso y me permitieron relajarme algunos fines de semana junto a su compañía.

A David Sósol, por brindarme su amistad, apoyo, confianza y cariño en diferentes momentos. Por cuidar a mis ácaros en las ocasiones que me ausentaba; por acompañarme a todas mis salidas de campo y apoyarme en invernadero. Gracias por estar conmigo en mis momentos de enfermedad, estrés, alegría y tranquilidad, y sobre todo por darme ánimos en todo momento.

A mis amigas Araceli Flores y Noemí Villanueva, por su invaluable amistad y compañía durante estos dos años y medio. Gracias por los momentos divertidos y desveladas que pasé a su lado, me ayudaron a llevar el postgrado de forma equilibrada. Gracias por el viaje a Puebla y a Six Flags, que permitieron conocernos mejor; también por ser partícipes de las etapas que pasé durante la maestría y por brindarme su apoyo. ¡Las quiero mucho, parejas!

A mis amigos por brindarme su amistad y apoyo en distintos momentos: Miguel, en lo moral; Alejandro, en el invernadero; Martin, en cursos y actividades externas al posgrado; Iván, durante el inconveniente de mi rodilla, y José (Pepe), en el curso de agronomía.

## **AGRADECIMIENTOS**

Al CONACYT, por el apoyo económico recibido para la realización de este postgrado.

Al Colegio de Postgraduados, por la formación académica recibida.

A los integrantes de mi Consejo Particular:

- Al Dr. Juan A. Villanueva Jiménez, por brindarme su apoyo y confianza desde el primer momento que decidí pertenecer a su equipo de trabajo, y por tomarse el tiempo en darme clases básicas de entomología.
- Al Dr. Gabriel Otero Colina, por apoyarme durante las estancias que realicé en el Campus Montecillo.
- A la Dra. Marycruz Abato Zárate, por brindarme su apoyo durante el establecimiento de las crías de ácaros.
- Al Dr. Francisco Osorio Acosta, por contribuir en el análisis de los resultados de las entrevistas.

Al Dr. Noel Reyes, por compartir sus conocimientos en cuanto al manejo de ácaros y elaboración de montajes.

Al Sr. Santos Escalante por su apoyo en las labores de invernadero durante la producción de plantas de papayo y frijol, por compartir su experiencia en campo y amistad.

A los productores de papayo que me brindaron su tiempo durante las entrevistas y me permitieron entrar en sus parcelas a realizar los muestreos.

## CONTENIDO

<b>INTRODUCCIÓN GENERAL .....</b>	<b>1</b>
1. Planteamiento del Problema .....	2
2. Hipótesis .....	3
2.1. Hipótesis general.....	3
2.2 Hipótesis específicas .....	4
3. Objetivos.....	4
3.1 Objetivo general.....	4
3.2 Objetivos específicos .....	4
4. Revisión de Literatura .....	4
4.1 Teoría de sistemas.....	4
4.2 Concepto de Agroecosistema (AES) .....	5
4.2.1 Conceptualización del agroecosistema papayo .....	6
4.3 Calidad en alimentos.....	7
4.4 Percepción del productor .....	7
4.5 Manejo integrado de plagas .....	7
4.6 Control biológico como eje del manejo integrado de plagas.....	8
4.6.1 Agentes de control biológico.....	8
4.7 El papayo en México .....	8
4.8 Principales plagas y enfermedades en la producción de papayo .....	8
4.9 Ácaros plaga del papayo en México .....	9
4.10. Ácaros depredadores en la agricultura.....	9
4.10.1. Importancia de ácaros depredadores .....	10
4.10.2 Ácaros depredadores en Veracruz.....	10
4.10.3 Reproducción de ácaros depredadores .....	10
5. Literatura Citada .....	11

<b>CAPÍTULO I. PERCEPCIÓN DE PRODUCTORES SOBRE LOS DAÑOS EN FRUTOS Y EL CONTROL DE ÁCAROS EN LA PRODUCCIÓN DE PAPAYO EN LA ZONA CENTRO DEL ESTADO DE VERACRUZ.....</b>	<b>16</b>
1.1 Introducción.....	18
1.2 Materiales y Métodos .....	19
1.3 Resultados y Discusión.....	20
1.4 Conclusiones.....	35
1.5 Literatura Citada .....	35
<b>CAPÍTULO II. PARÁMETROS POBLACIONALES DE <i>Galendromus pilosus</i> (ACARI: PHYTOSEIIDAE) ALIMENTADO DEL ÁCARO <i>Tetranychus merganser</i> (ACARI: TETRANYCHIDAE), PLAGA DE <i>Carica papaya</i> (CARICACEAE).....</b>	<b>38</b>
2.1 Introducción.....	40
2.2. Materiales y Métodos .....	41
2.2.1. Pie de cría de <i>T. merganser</i> .....	41
2.2.2. Colecta y cría de <i>G. pilosus</i> .....	42
2.2.3. Tabla de vida.....	44
2.3 Resultados y Discusión.....	45
2.4 Conclusiones.....	52
2.5. Literatura Citada .....	52
<b>CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS .....</b>	<b>55</b>
<b>CONCLUSIONES GENERALES .....</b>	<b>56</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>57</b>
Anexo 1. Cuestionario a Productores de Papayo Respecto a la Percepción de los Daños en Fruto y Manejo de Ácaros.....	57
Anexo 2. Ciclo biológico de <i>Galendromus pilosus</i> A) Huevos, B) Larva, C) Protoninfa, D) Deutoninfa y E) Adultos.....	59
Anexo 3. <i>Galendromus pilosus</i> depredando a <i>Tetranychus merganser</i> . .....	60
Anexo 4. Daños físicos que afectan la calidad del fruto de papayo A) Daños por ácaros, B) Deformación del fruto, C) Daños por viento y D) Daños por virus de la mancha anular del papayo.....	61

## LISTA DE CUADROS

	Página
<b>Cuadro 1.</b> Productores de papayo entrevistados de la zona centro de Veracruz. ....	19
<b>Cuadro 2.</b> Temas abordados en el cuestionario que se aplicó a productores de papayo en la zona centro de Veracruz. ....	20
<b>Cuadro 3.</b> Relación de productores de papayo de la zona centro de Veracruz, escolaridad y merma en la producción debido a plagas (ácaros, virosis y antracnosis) indicada por ellos. ....	23
<b>Cuadro 4.</b> Problemas que presentan los productores en el desarrollo de la plantación de papayo, ponderados por importancia y número de menciones. ....	24
<b>Cuadro 5.</b> Acaricidas utilizados por productores de papayo para el manejo de ácaros. ....	27
<b>Cuadro 6.</b> Acaricidas (sus ingredientes activos y grupos toxicológicos) utilizados para el control de ácaros del papayo en la zona centro de Veracruz. Información consultada en las fichas técnicas de cada producto comercial. ....	28
<b>Cuadro 7.</b> Principales defectos mencionados por los productores, que impiden la venta del fruto de papayo en los mercados regionales y nacionales. ....	31
<b>Cuadro 8.</b> Duración y desviación estándar de los estados de desarrollo de <i>Galendromus pilosus</i> alimentado de <i>Tetranychus merganser</i> , criados a $26\pm 2$ °C y $70\pm 10\%$ de humedad relativa. ....	46
<b>Cuadro 9.</b> Parámetros reproductivos de <i>Galendromus pilosus</i> alimentado de <i>Tetranychus merganser</i> , criado a $26\pm 2$ °C y $70\pm 10$ % de humedad relativa. ....	48

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Subtipos de papayo variedad Maradol utilizados por los productores de la zona centro de Veracruz.....	21
<b>Figura 2.</b> Daños ocasionados por ácaros en hojas de papayo A) Manchado gris en hoja y B) Amarillamiento en follaje.....	25
<b>Figura 3.</b> Daños en frutos de papayo, ocasionados por la exposición al sol.....	25
<b>Figura 4.</b> Daños de ácaros en frutos de papayo en la zona centro de Veracruz. A) Bajo grado de severidad, y B) Alto grado de severidad de daño por ácaros.....	26
<b>Figura 5.</b> Daños en follaje de plantas de papayo, ocasionado por el uso excesivo de jabones.....	28
<b>Figura 6.</b> Tipo de asesoría que reciben productores de papayo de la zona centro de Veracruz.....	30
<b>Figura 7.</b> Fruto variedad Maradol con buenas características de calidad a la cosecha. ....	31
<b>Figura 8.</b> Frutos de papayo con deformaciones genéticas. ....	31
<b>Figura 9.</b> Frutos de papayo con problemas de antracnosis ( <i>Colletotrichum</i> spp.).....	32
<b>Figura 10.</b> Lavado de frutos preventivo con productos químicos (funguicidas). ....	33
<b>Figura 11.</b> Presencia de ácaros en una papaya madura variedad Maradol.....	33
<b>Figura 12.</b> Plantas de papayo y frijol de tamaño adecuado para mantener la colonia de <i>T. merganser</i> . ....	42
<b>Figura 13.</b> Arenas experimentales para cría de <i>G. pilosus</i> . A) Caja de Petri, B) discos de hoja de papayo, C) y D) barrera de algodón por abajo y alrededor del tejido vegetal.....	43
<b>Figura 14.</b> Montajes de <i>Galendromus pilosus</i> , fotografiados en un microscopio de contraste de fases. a) Hembra, y b) macho. ....	44
<b>Figura 15.</b> Curva de probabilidad de supervivencia de <i>Galendromus pilosus</i> alimentado de diferentes estadios de <i>Tetranychus merganser</i> . A) Curva general (escala logarítmica); B) Curvas de machos y hembras.....	48
<b>Figura 16.</b> Curva de descendencia por hembra (mx) de <i>Galendromus pilosus</i> alimentado con <i>Tetranychus merganser</i> .....	50
<b>Figura 17.</b> Número de huevos puesto por cada hembra de <i>Galendromus pilosus</i> y promedio de huevos por hembra por día. ....	51

## INTRODUCCIÓN GENERAL

La papaya (*Carica papaya* L.) es una fruta de gran importancia económica en México, primer país exportador y tercer productor a nivel mundial (FAOSTAT, 2019). Las exportaciones de papaya se destinan en 84 % a los EUA y el resto a Canadá. El papayo se cultiva en zonas tropicales y subtropicales del Golfo de México y del Pacífico. Según el SIAP (2017) se siembran 17 578 ha en los estados de Michoacán, Colima, Veracruz, Oaxaca, Chiapas, Guerrero, Campeche, Jalisco, Yucatán y Nayarit. El estado de Veracruz es uno de los principales productores de papaya en el país, por lo que es de importancia conocer y atender los factores que disminuyen la productividad y la calidad en el producto.

La intensificación del cultivo y el uso excesivo de agroquímicos han ocasionado que los ácaros causen daños relevantes en la producción de papaya. La familia Tetranychidae constituye el grupo más importante de ácaros plaga en el sector agrícola (Badii *et al.*, 2010). Los ácaros tetraníquidos causan daños en hojas jóvenes de *C. papaya*; algunos se alimentan del envés de las hojas y ocasionan enroscamiento de los bordes, provocan clorosis, defoliación y daño en los frutos, e impiden que éste madure adecuadamente. Algunas especies se pueden encontrar en el haz de las hojas (Ochoa *et al.*, 1991). Los agricultores están conscientes de la problemática que representan los ácaros para sus cultivos; sin embargo, no reconocen el beneficio que algunas familias de ácaros pueden aportar como enemigos naturales de otras plagas. En investigaciones realizadas en el estado de Veracruz por Abato-Zárate *et al.* (2014), se identificó a *Tetranychus merganser* como una plaga de gran potencial económico. Este ácaro plaga se ha controlado mediante acaricidas, los cuales ya no resultan tan efectivos (Villanueva-Jiménez, Colegio de Postgraduados, com. pers.), debido a que las poblaciones de estos organismos van desarrollando resistencia. Cuando el productor incrementa la dosis, afecta a la plaga que se quiere controlar, además de eliminar a enemigos naturales de ésta y otras plagas. Incluso, afecta la calidad del cultivo para exportación, ya que se le exige al productor que certifique la presencia de un bajo nivel de residuos de plaguicidas (Codex Alimentarius, 2019).

Otra forma de manejo de plagas es la aplicación del control biológico, que consiste en la regulación de una plaga a través del uso de organismos como depredadores, parásitos y patógenos (González y Rojas, 1966). Gran cantidad de ácaros depredadores que se utilizan en la agricultura en México

son importados; por ejemplo, *Phytoseiulus permisilis* (Athias-Henriot) es un ácaro depredador importado en grandes cantidades, debido a su efectividad contra varios ácaros plaga en diversos cultivos (Hoffmann y Frodsham, 1993). Abato-Zárate *et al.* (2014) también determinaron tres especies de ácaros depredadores presentes en papayo, alimentándose de ácaros plaga de la familia Tetranychidae, entre ellos una especie del género *Galendromus*.

En el presente trabajo se abordará el efecto de *T. merganser* sobre la calidad del fruto del papayo, así como el potencial de establecer el control biológico de este ácaro en la zona Central Costera de Veracruz. El utilizar un ácaro depredador presente a nivel local como lo es *G. pilosus* (Chant), podría contribuir a reducir daños producidos por ácaros fitófagos en el momento de la selección del fruto, debido a que no cumplen con los estándares de calidad requeridos. También ayudaría a reducir el uso de acaricidas y el contenido de residuos tóxicos en los frutos, con lo que se disminuirían los problemas a la salud asociados, y se apoyaría a la conservación de los enemigos naturales y de otras especies benéficas para el ambiente.

## **1. Planteamiento del Problema**

La papaya (*Carica papaya* L.) tiene gran importancia económica a nivel mundial por su alta rentabilidad económica. Es una fruta tropical con creciente demanda en los mercados de EUA y Canadá, siendo México su principal proveedor (USDA, 2014). En Veracruz existen alrededor de 700 productores de papayo, concentrados en la zona Central Costera del estado; quienes se enfrentan a distintos problemas (Cervantes, 2013). Uno de ellos es la amenaza que representan las plagas, ya que limitan la producción y comercialización del producto; entre ellas se encuentra el ácaro *T. merganser* (Otero-Colina *et al.*, 2015). Este ácaro se encuentra en el envés de las hojas de la planta; aunque en infestaciones altas invade el envés y los frutos; por sus hábitos alimentarios, perfora las células de las hojas alimentándose de la savia. Ocasiona defoliaciones en las hojas, que a su vez disminuyen el desarrollo de la planta y la calidad del fruto (Guzmán, 1998).

En otro orden de ideas, los productores han dejado de lado el enfoque ecológico y concentran su esfuerzo en lograr una mayor producción a menor costo, por lo que hacen una mala toma de decisiones en el control de plagas. Estas malas decisiones se ven reflejadas en el uso inadecuado de los plaguicidas (Abato-Zárate *et al.*, 2011). Los problemas en la salud por este tipo de factores son de suma importancia, ya que se presenta intoxicación crónica que se muestra en pocos días,

meses e incluso años después de haber estado en contacto con el acaricida. Algunos de estos síntomas a largo y corto plazo son esterilidad, malformaciones en los fetos, daños en algunos órganos (pulmones e hígado), disminución de fertilidad, cataratas e incluso cáncer (Plenge-Tellechea *et al.*, 2007). El uso irracional de productos químicos también pone en desventaja al control de plagas, porque al no respetar las dosis de aplicación recomendadas, la plaga va desarrollando resistencia, lo que ocasiona que estos productos ya no sean útiles para disminuir dichas poblaciones (Cerna *et al.*, 2009). Los problemas anteriores se sitúan en el enfoque ecológico.

En el aspecto económico, la toma de decisiones errónea con respecto al manejo del cultivo, puede traer consecuencias económicas. La comercialización de su producto se puede afectar al no elegir un buen método de control y prevención de plagas. Al contar con una sobrepoblación de ácaros, la planta no contará con el mismo rendimiento de una planta sana. Además, el fruto no cumplirá con los parámetros de calidad establecidos por la normatividad en México y en los países donde es exportado (Feitó y Portal, 2013).

Por lo tanto, es necesario implementar un manejo integrado de ácaros plaga en papayo (Abato-Zárate *et al.*, 2011), que no altere el ecosistema al utilizar un recurso de la biodiversidad local, y que no afecte la salud ni la economía de los agricultores. El control biológico puede implementarse mediante el uso de un ácaro depredador como *G. pilosus*.

Esta situación problemática lleva a las siguientes preguntas de investigación: ¿Qué daños ocasiona *T. merganser* en el fruto de papaya? ¿Tendrá *G. pilosus* los atributos de un agente de control biológico para disminuir las poblaciones de *T. merganser* y el daño que este ocasiona? Responder estas preguntas tiene importancia científica, social y económica, con alcances locales y nacionales.

## **2. Hipótesis**

### **2.1. Hipótesis general**

*Galendromus pilosus* tiene los atributos para ser un buen agente de control biológico para disminuir las poblaciones de *Tetranychus merganser*, ácaro que ocasiona daño sobre la calidad del fruto de papayo en la zona Central Costera de Veracruz.

## 2.2 Hipótesis específicas

- La percepción del daño de *T. merganser* en la calidad del fruto de papaya por los productores, es menor que la del que el ácaro ocasiona durante la producción del cultivo.
- El ciclo de vida, la supervivencia y la fecundidad de *G. pilosus* alimentado en laboratorio sobre *T. merganser*, permiten suponer que cuenta con los atributos necesarios para ser un buen agente de control biológico.

## 3. Objetivos

### 3.1 Objetivo general

Evaluar los atributos como agente de control biológico de *Galendromus pilosus* sobre las poblaciones de *Tetranychus merganser* y el daño que este ácaro plaga ocasiona, sobre la calidad del fruto de papayo en la zona Central Costera del estado de Veracruz.

### 3.2 Objetivos específicos

- Relacionar la percepción del daño de *T. merganser* por los productores y el daño ocasionado sobre la calidad del fruto de papayo en huertos comerciales.
- Valorar en laboratorio el ciclo de vida, la supervivencia y la fecundidad (tablas de vida) de *G. pilosus* sobre *T. merganser*, como agente de control biológico.

## 4. Revisión de Literatura

### 4.1 Teoría de sistemas

Las teorías son una herramienta que nos ayudan a interpretar y construir modelos específicos, que permiten la explicación de ciertos fenómenos. La Teoría General de Sistema (TGS) se encarga de estudiar las relaciones de los componentes de un todo, que comprende desde el espacio físico hasta la parte funcional. Esta teoría es representada como una forma sistémica y científica, que permite tener un marco multidimensional para el análisis de los fenómenos, lo que ayuda a tener una percepción de la realidad. La TGS se caracteriza por contar con una perspectiva holística-integradora, donde lo más importante son las relaciones y los conjuntos que emergen a partir de

ella (Cathalifaud y Osorio, 1998; Casanova *et al.*, 2016; Pérez, 2016). El concepto de sistema surge de esta teoría, y lo define como un conjunto de elementos dentro de una red de comunicación interna, con interacciones entre ellos; tiene el fin de alcanzar un objetivo y que al operar con entradas proporciona salidas (información, energía o materia) (Chiavenato, 1997).

La TGS es el fundamento de la agroecología y responde a la complejidad de la agricultura, la cuál es caracterizada por la unión de procesos ambientales, económicos, sociales, políticos, tecnológicos y culturales (Casanova-Pérez *et al.*, 2015). Esta debe considerarse como base para la investigación agrícola en el trópico, con el fin de entender la realidad que existe en los procesos agrícolas, donde las soluciones a las problemáticas existentes puedan enfocarse desde una perspectiva de sistemas; siendo fundamental la interacción de varias disciplinas (Ruiz, 2006).

#### **4.2 Concepto de Agroecosistema (AES)**

Hernández (1977) menciona que un ecosistema, al ser modificado en mayor o menor grado por el controlador (hombre), se convierte en un AES con el objetivo de utilizar sus recursos naturales para los procesos de producción agrícola, pecuaria, forestal y fauna silvestre, para producir alimentos que satisfagan las necesidades de la sociedad.

El concepto de AES, desde la perspectiva de Morin (1993), es concebido como la interrelación de elementos que constituyen una unidad global, con dos aspectos principales: 1) la interrelación de elementos económicos, sociales y ambientales, y 2) la interacción de los elementos antes mencionados como una unidad global, es decir como un sistema complejo.

Gliessman (2002) brinda un marco de referencia para estudiar los sistemas de producción agrícola, donde se ven incluidas las entradas, salidas e interacciones entre sus componentes. Este autor define a un ecosistema como un sistema de relaciones complementarias entre organismos vivos y su ambiente (hábitat), que mantienen un equilibrio dinámico. Por lo que señala que un agroecosistema es más complejo que el ecosistema natural, principalmente por la participación del hombre en la estructura y función del sistema de producción.

García (2008) menciona que el agroecosistema es la representación de la realidad agrícola, en el cual los elementos económicos, ambientales y sociales no son separados para su estudio; lo cual requiere de la agroecología como interdisciplina para su estudio.

La agroecología tradicionalmente analiza las relaciones ecológicas en los agroecosistemas; es decir las relaciones entre suelo-planta, suelo-enfermedades, planta-insecto, planta-planta y las cadenas tróficas; a su vez, considera el papel del productor en el manejo de los sistemas de producción. También usa herramientas científicas con la intervención de diversas disciplinas, integrando al mismo tiempo el conocimiento local de las personas involucradas en la agricultura (Ruiz, 2006).

#### **4.2.1 Conceptualización del agroecosistema papayo**

El AES papayo es un sistema agrícola controlado por un productor, orientado a la producción de frutos de papaya y sus semillas. Algunos subsistemas que lo componen son las variedades de papayo y plagas presentes, y las interacciones entre factores internos y externos. El agroecosistema papayo cuenta con entradas (recursos financieros, asesorías técnicas, implementación del manejo integrado de plagas, entre otros) y salidas (producción de frutos, beneficios económicos) que satisfacen las necesidades del controlador y de la sociedad. Existe la interacción de factores bióticos (aves, insectos, patógenos) y abióticos (temperatura, humedad relativa, luz), los cuales interfieren en la dinámica de la productividad del cultivo de papayo (Cano, 2013).

El hombre juega un papel importante en el AES papayo, debido a la toma de decisiones que tiene sobre la parcela; dichas decisiones pueden contribuir o perjudicar el funcionamiento del sistema. Es decir, las decisiones que se tomen sobre el manejo que le den al cultivo repercuten sobre el control de las plagas, por lo que puede contribuir o afectar las salidas.

El manejo integrado de plagas (MIP) juega un papel importante en el manejo de *Tetranychus merganser*, ácaro plaga del cultivo de papayo. El MIP implementa tácticas que ayudan a disminuir las poblaciones de este ácaro, el cual puede causar pérdidas económicas a los productores.

El control biológico es una herramienta en el manejo integrado que ayuda a mantener controladas las poblaciones de ácaros como *T. merganser*, y al mismo tiempo beneficia al medio ambiente por disminuir el uso de plaguicidas; por lo que es importante estudiar con un enfoque sistémico, aquellos factores que inciden en la evaluación de agentes de control biológico, que permitan disminuir las poblaciones de este ácaro plaga y a su vez los daños que ocasionan sobre la calidad del fruto de papayo.

### **4.3 Calidad en alimentos**

La FAO (2004) menciona que el término “calidad” está dividido en dos nociones. En la primera, la calidad de un producto es el conjunto de propiedades y características de un producto, de un proceso o de un servicio que satisface las necesidades de un consumidor; la segunda noción se menciona la excelencia de un producto o servicio. La Organización Internacional de Normalización (ISO) indica que la calidad es la capacidad de un producto o servicio para satisfacer las necesidades declaradas o implícitas del consumidor, a través de sus propiedades o características (ISO 22000, 2005). Las normas oficiales mexicanas (NOM), normas mexicanas (NMX) y el Codex Alimentarius (2019) indican los parámetros físicos, químicos y microbiológicos que debe cumplir la materia prima y los productos que deriven de ésta, con el objetivo de proteger la salud de sus consumidores y asegurar la práctica de la comercialización de alimentos (OMS y FAO, 2007).

### **4.4 Percepción del productor**

La percepción es un proceso cognitivo de la conciencia que consiste en el reconocimiento, interpretación y significación para la elaboración de juicios, entorno a las sensaciones obtenidas del ambiente físico y social, en el que intervienen otros procesos psíquicos, entre los que se encuentran el aprendizaje, la memoria y la simbolización (Vargas, 1994). Por tanto, la percepción es un proceso cognitivo que consiste en el reconocimiento e interpretación del ambiente físico por los productores en sus parcelas de papayo, para la decisión del manejo a su cultivo con base al daño ocasionado por ácaros en frutos de papayo.

### **4.5 Manejo integrado de plagas**

El manejo integrado de plagas (MIP) es una estrategia de carácter preventivo y perdurable, que combina tácticas compatibles para reducir las poblaciones de organismos a niveles que no causen pérdidas económicas importantes, con efectos negativos mínimos sobre el ambiente y la salud humana (Hilje y Saunders, 2008). En el MIP se utiliza más de una táctica para mantener las plagas por debajo de un nivel de daño económico (Stern *et al.*, 1959). Una definición más completa del MIP (Norris *et al.*, 2002), indica que es una ayuda en la toma de decisiones para la selección del uso de tácticas para el control de plagas, solas o coordinadas con armonía, basadas en un análisis de costo-beneficio. El MIP toma en cuenta los intereses de los productores, la sociedad y el impacto ambiental. En los programas MIP se busca que además de controlar la plaga, se conserve y fomente

la presencia de los artrópodos benéficos que actúan como enemigos naturales de las plagas (Toledo e Infante, 2008).

#### **4.6 Control biológico como eje del manejo integrado de plagas**

El control biológico es un método que involucra el uso de organismos benéficos que ayudan a disminuir las poblaciones de organismos plaga de forma temporal o permanente. Este método utiliza organismos, que son enemigos naturales propios del ecosistema, que pueden o no ser introducidos por el hombre en un ambiente nuevo (Gutiérrez-Ramírez *et al.*, 2013). La Organización Internacional de Control Biológico (IOBC por sus siglas en inglés) define al control biológico como la utilización de organismos vivos, o de sus productos, para evitar o reducir las pérdidas o daños causados por los organismos nocivos (Gutiérrez-Ramírez *et al.* 2013).

##### **4.6.1 Agentes de control biológico**

Un agente de control biológico es un organismo benéfico que se caracteriza por tener ciertos atributos de eficiencia, como su capacidad depredadora o parasítica, aptitud y adaptabilidad, alta tasa de reproducción, sincronización con el hospedero y su hábitat, especificidad y una buena calidad para competir. Estos atributos le permiten disminuir la población del organismo plaga, por lo que se puede considerar al organismo como una herramienta segura para el manejo de la plaga, los productores y el medio ambiente (Salazar-Solís y Salas-Araiza, 2003).

#### **4.7 El papayo en México**

El papayo es una de las frutas tropicales que más se consumen en el mundo y México se encuentra dentro de los principales productores, con aproximadamente 836 370 t (Nafiu *et al.*, 2019). El país participa con la exportación del 20 % del fruto a nivel mundial. En Veracruz la mayor cantidad de fruta se produce en los municipios de Tlapacoyan, Soledad de Doblado, Cotaxtla, Actopan, Paso de Ovejas, Puente Nacional y Tierra Blanca (Cervantes, 2013). Entre las variedades que se cultivan en el país, Maradol es la principal de exportación (Papayas Buenavista, 2017).

#### **4.8 Principales plagas y enfermedades en la producción de papayo**

La producción de papaya presenta diversos problemas para los agricultores. La FAO (1993) menciona que algunos problemas se pueden dar en la cadena agroalimentaria, incluso en aspectos políticos, sociales y ambientales. Otro problema de suma importancia es la presencia de plagas, las

que afectan el desarrollo y la calidad del fruto (Vázquez *et al.*, 2010). Entre las principales plagas se presentan los ácaros fitófagos como *Eotetranychus lewisi* (McGregor), *Eutetranychus banksi* (McGregor), *Tetranychus merganser* y *T. urticae* Koch, el piojo harinoso (*Paracoccus marginatus* Williams y Granara de Willink) y la mosca de la papaya (*Toxotrypana curvicauda* Gerst.) (Otero-Colina *et al.*, 2015). Otro problema es la enfermedad que causa el virus de la mancha anular del papayo (PRSV-p), transmitido por distintas especies de áfidos vectores (Cabrera *et al.*, 2013). Esta enfermedad causa daños en la superficie del fruto, con manchas en forma de anillo. En casos severos provoca malformaciones, manchas circulares y reducción del tamaño del fruto (Cabrera *et al.*, 2010). Los ácaros, generalmente atacan el follaje y destruyen con sus estiletes las células de las hojas, lo que ocasiona la disminución de la actividad fotosintética; en altas poblaciones también ocasionan daño en la epidermis del fruto (Guzmán, 1998).

#### **4.9 Ácaros plaga del papayo en México**

En México, los agricultores han notado la disminución de la producción y la calidad de papaya debido a los ácaros. Entre las principales plagas, se presentan ácaros fitófagos como *E. banksi*, *Tetranychus desertorum* Koch, *T. marianae* McGregor, *T. urticae*, *T. merganser*, *T. mexicanus* (McGregor), *T. ludeni* Zacher, entre otros (Valencia-Domínguez *et al.*, 2011). En los municipios de la zona Central Costera del estado de Veracruz, las especies fitófagas *E. banksi*, *E. lewisi*, *T. urticae* y *T. merganser* fueron reportadas y colectadas en huertos de papaya Maradol, en los municipios de la zona Central Costera de Veracruz por Abato-Zárate *et al.* (2014).

#### **4.10. Ácaros depredadores en la agricultura**

Los ácaros depredadores pertenecen a varios órdenes y familias, entre ellos destacan los de la familia Phytoseiidae. En esta familia están casi todas las especies que se utilizan comercialmente para el control biológico de ácaros plaga en cultivos de importancia económica (Otero-Colina *et al.*, 2015). El aumento del conocimiento sobre la biología, ecología y comportamiento de los depredadores ha permitido su utilización como herramienta en el control biológico de plagas. Una característica de varios fitoseidos es que son omnívoros; es decir, pueden ingerir otros alimentos como polen, melazas de homópteros, hongos, ciertas secreciones de las plantas, entre otros, como complemento o alternativa a su dieta normal; esto les permite sobrevivir, aunque no dispongan de sus presas habituales. Los fitoseidos pasan por los estados de huevo, larva, protoninfa, deutoninfa

y adulto. Su dimorfismo sexual reside en que las hembras son más grandes y globosas que los machos.

#### **4.10.1. Importancia de ácaros depredadores**

Una ventaja de la utilización de ácaros depredadores como agentes de control biológico es el nivel de especificidad que tienen contra la plaga a controlar. Se encuentran disponibles comercialmente en varios países, para el manejo de plagas en diversos cultivos de importancia económica (Toledo e Infante, 2008). Los ácaros depredadores son activos, de movimientos rápidos y regímenes alimenticios muy variados, por lo que pueden formar parte de programas de manejo integrado de plagas (Ferragut *et al.*, 1992). El uso de ácaros depredadores proporciona un beneficio económico, social y ambiental, al disminuir el uso de agroquímicos, lo que reduce la contaminación y permite la conservación de la fauna presente en ese agroecosistema.

#### **4.10.2 Ácaros depredadores en Veracruz**

Abato-Zárate *et al.* (2014) identificaron la presencia de *Euseius hibisci* (Chant), *Galendromus helveolus* (Chant) y *Phytoseiulus macropilis* (Banks) (Phytoseiidae) en agroecosistemas con papayo en la zona Central Costera del estado de Veracruz. Estas especies de ácaros depredadores cuentan con potencial para el control biológico de ácaros que pertenecen a la familia Tetranychidae. McMurtry y Croft (1997) clasificaron a *E. hibisci* como un depredador de ácaros que no producen abundante telaraña. *G. helveolus* es un depredador de especies de ácaros que producen telaraña, y además cuenta con potencial para depredar los que producen poca o no producen telaraña, como *Panonychus citri* McGregor, *E. banksi*, *Brevipalpus californicus* (Banks) y *Phyllocoptruta oleivora* (Ashmead) (Otero-Colina *et al.*, 2015).

*G. pilosus* pertenece a la subfamilia Typhlodrominae. Este ácaro depredador se presenta en Cuba, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras y Nicaragua (LEA, 2018). También se colectó en hojas de algodón y vid en Nicaragua; sobre rosas en El Salvador; en hojas apiladas en Honduras; sobre *Codiaeum* sp. en Nicaragua; sobre “plantas” en Costa Rica y sobre hojas de *Ipomoea purpurea* en Costa Rica (Chant y Baker, 1965). En México, Pérez y Marco (2011) determinaron la presencia de *G. pilosus* en los estados de Tabasco y Veracruz, sin dar a conocer sus hospederos.

#### **4.10.3 Reproducción de ácaros depredadores**

El desarrollo de metodologías para la cría masiva constituye un componente básico dentro del control biológico de ácaros. La producción masiva de ácaros fitoseidos ha cambiado radicalmente

en escala y eficiencia desde que *P. persimilis* se crío de forma experimental en la década de 1960; esta especie es especialista natural en ácaros pertenecientes al género *Tetranychus spp.* (Jia-le *et al.*, 2019). La crianza depende de las características de la especie del fitoseido.

Gilkeson (1992) plantea que existen cinco técnicas de crianza de fitoseidos: 1) en cámaras o celdas, 2) en cajas cerradas, 3) sobre plantas, 4) en campo abierto, y 5) sobre dietas alternativas o artificiales. Los primeros dos métodos de cría se realizaron sobre pequeñas unidades experimentales hechas de hojas o materiales artificiales. Estos métodos tienen la ventaja que los fitoseidos se crían fácilmente junto a sus presas, manteniéndose en buenas condiciones (Rodríguez *et al.*, 2013).

## 5. Literatura Citada

- Abato-Zárate, M., J. A. Villanueva-Jiménez, J. L. Reta-Mendiola, C. Ávila-Reséndiz, G. Otero-Colina, and E. Hernández-Castro. 2011. Simultaneous Productive Growth Groups (SPGG): innovation on papaya mite management. *Trop. Subtrop. Agroecosyst.* 13: 397-407.
- Abato-Zárate, M., J. A. Villanueva-Jiménez, G. Otero-Colina, C. Avila-Reséndiz, E. Hernandez-Castro, and N. Reyes-Pérez. 2014. Acarofauna associated to papaya orchards in Veracruz, Mexico. *Acta Zool. Mex.* 30: 595-609.
- Badii, M. H., J. Landeros, y E. Cerna. 2010. Regulación poblacional de ácaros plaga de impacto agrícola. *Intl. J. Good Consc.* 5: 270-302.
- Cabrera, D., D. García, y O. Portal. 2010. Virus de la mancha anular de la papaya (PRSV-p): Biología epifitotología y diversidad genética como base para el manejo mediante técnicas biotecnológicas. *Biotechnol. Veg.* 10: 67-77.
- Cabrera, M., D., D. García H., J. E. González, y O. Portal. 2013. Manejo de epifitas del virus de la macha anular de la papaya utilizando barreras de *Zea mays* L. en *Carica papaya* L. *Prot. Veg.* 28: 127-131.
- Cano R., O. 2013. Transferencia de tecnología en el manejo integrado de ácaros en el agroecosistema con base en papayo. Tesis de Maestría. Colegio de Posgraduados Campus Veracruz Programa en Agroecosistemas Tropicales, Manlio Fabio Altamirano Veracruz, México. 78 p.
- Casanova-Pérez, L., J. P. Martínez-Dávila, S. López-Ortiz, C. Landeros-Sánchez, G. López R., y B. Peña-Olvera. 2015. Enfoques del pensamiento complejo en el agroecosistema. *Interciencia* 40: 210-216.
- Cathalifaud, M. A., y F. Osorio. 1998. Introducción a los conceptos básicos de la teoría general de sistemas. *Cinta de Moebio* 1: 12.

- Chant, D. A., and E. W. Baker. 1965. The Phytoseiidae (Acarina) of Central America. Mem. Entomol. Soc. Can. 97(S41): 3-56.
- Chiavenato, I. 1997. Teoría de sistemas. *In*: Introducción a la Teoría General de la Administración. 4a ed. McGraw-Hill. Bogotá. Colombia. pp. 725-761.
- Cerna C., E., J. Landeros, Y. M. Ochoa F., J. J. Luan R., O. Vázquez M., y O. Ventura L. 2009. Tolerancia del ácaro *Tetranychus urticae* a cuatro acaricidas de diferentes grupos toxicológicos. Inv. Cienc. 44: 4-10.
- Cervantes, G. S. 2013. Veracruz, un estado productor de papayas de calidad. Accesible en: <http://propapaya.org/noticias/noticias-recientes/item/230-veracruz-un-estado-productor-de-papayas-de-calidad>. (Consulta: marzo 2017).
- Codex Alimentarius. 2019. Normas internacionales de los alimentos. FI 0350 Papaya. Accesible en: [http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/codex-texts/dbs/pestres/commodities-detail/es/?c\\_id=135](http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/codex-texts/dbs/pestres/commodities-detail/es/?c_id=135). (Consulta: marzo 2019).
- FAO. 1993. Una metodología de evaluación de cadenas agro-alimentarias para la identificación de problemas y proyectos. Accesible en: <http://www.fao.org/wairdocs/x5405s/x5405s07.htm>. (Consulta: marzo 2017).
- FAO. 2004. Inocuidad y seguridad de los alimentos en Europa: Aspectos relacionados con la calidad, el equilibrio nutricional, la importancia de los terrenos agrícolas y el patrimonio cultural. Accesible en: <http://www.fao.org/docrep/MEETING/007/J1875s.HTM>. (Consulta: marzo 2017).
- FAOSTAT. 2019. Crops and livestock products. Data 2015. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Accesible en: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/TP> (Consulta: mayo 2019).
- Feitó M., D., y M. Portal B. 2013. La competitividad en las exportaciones de papaya de México: Un análisis cuantitativo. Anál. Econ. Comer. Negoc. Intl. 7: 27-54.
- Ferragut, F., J. E. González, y F. García. 1992. Bases para la utilización de los fitoseidos en el control de plagas de cultivos hortícolas. Phytoma 40: 61-66.
- García, R. 2008. Sistemas Complejos. Conceptos, Método y Fundamentación Epistemológica de la Investigación Interdisciplinaria. Gedisa. Barcelona, España. 200 p.
- Gilkeson, L. A. 1992. Mass rearing of phytoseiid mites for testing and commercial application. In: Anderson, T. E, and N. C. Leppla (eds.). Advances in Insect Rearing for Research and Pest Management. Westview Press Boulder, Colorado, USA. pp. 489-506.
- Gliessman, S. R. 2002. Agroecología: Procesos Ecológicos en Agricultura Sostenible. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 359 p.

- González R., H., y S. Rojas P. 1966. Estudio analítico del control biológico de plagas agrícolas en Chile. *Agric. Téc.* 26: 133-147.
- Gutiérrez-Ramírez, A., A. Robles-Bermúdez, C. Santillán-Ortega, M. Ortiz-Catón, y O. J. Cambero-Campos. 2013. Control biológico como herramienta sustentable en el manejo de plagas y su uso en el estado de Nayarit, México. *BioCiencias* 2: 102-112.
- Guzmán D., G. A. 1998. Guía para el Cultivo de Papaya. 4a. Ed. San José. Costa Rica. 74 p.
- Hernández X., E. 1977. Agroecosistemas de México: Contribuciones a la Enseñanza, Investigación y Divulgación Agrícola. 2a ed. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 559 p.
- Hilje, L., y J. L. Saunders (comp.). 2008. Manejo Integrado de Plagas en Mesoamérica: Aportes Conceptuales. Editorial Tecnológica de Costa Rica. Cartago, Costa Rica. 714 p.
- Hoffmann, M. P., y C. A. Frodsham. 1993. Los Enemigos Naturales de las Plagas de Insectos Vegetales. Extensión Cooperativa de la Universidad de Cornell, Ithaca, Nueva York. 63 p.
- ISO 22000. 2005. Sistemas de Gestión de la Inocuidad de los Alimentos-Requisitos para Cualquier Organización en la Cadena Alimentaria. International Standards Organization. Suiza. 45 p.
- Jia-le, L., Z. Bao-he, J. Xiao-huan, W. En-dong, and X. Xue-nong. 2019. Quantitative impact of mating duration on reproduction and offspring sex ratio of *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae). *J. Integrative Agric.* 18: 884-892.
- LEA (Departamento de Entomología e Acarología). 2018. Phytoseiidae Database. Escuela Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Brazil. Accesible en: <http://www.lea.esalq.usp.br/newphytoseiidae/web/busca/especie/detalhe/galendromus-galendromus-pilosus-chant-1959>. (Consulta: marzo 2018).
- McMurtry, J. A., and B. A. Croft. 1997. Life-styles of phytoseiid mites and their roles in biological control. *Ann. Rev. Entomol.* 42: 291-321.
- Morin, E. 1993. El Método I: La Naturaleza de la Naturaleza. Cátedra. Madrid, España. 448 p.
- Nafiu B., A., A. M. Alli-Oluwafuyi, A. Haleemat, I. S. Olalekan, and M. T. Rahman. 2019. Chapter 3.32 Nonvitamin and nonmineral nutritional supplements. In: *Papaya (Carica papaya L., Pawpaw)*. Academic Press. pp. 335-359.
- Norris, R. F., E. P. Caswell-Chen, and M. Kogan. 2002. Concepts in Integrated Pest Management. Prentice-Hall, New Jersey, USA. 560 p.
- Ochoa, R., H. Aguilar, y C. Vargas. 1991. Ácaros Fitófagos de América Central: Guía Ilustrada. 6a. Ed. Centro Agronomico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica. 251 p.

- OMS y FAO (Organización Mundial de la Salud; Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2007. Frutas y Hortalizas Frescas. OMS-FAO, Roma, Italia. 204 p.
- Otero-Colina, G., M. Abato-Zárate, y J. A. Villanueva-Jiménez. 2015. Ácaros Asociados al Cultivo de Papayo en México. Ed. Colegio de Postgraduados, Colección Biblioteca Básica de Agricultura. México. 90 p.
- Papayas Buenavista. 2017. Producción y exportación. Accesible en: <http://papayasbuenavista.com/estadisticas-internacionales/>. (Consulta: marzo 2017).
- Pérez M., I., y V. S. Marco M. 2011. Importancia y uso de los ácaros fitoseidos (Acari, Phytoseiidae) en el manejo agroecológico de plagas. In: Aragón, G. A., D. Jiménez G., y M. Huerta L. (eds.). Manejo Agroecológico de Sistemas Vol. II. Publicación Especial de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Puebla, México. pp. 69-92.
- Pérez Z., L. A. 2016. Factores que inciden en el control químico de *Diaphorina citri* Kuwayana en áreas regionales de control, en Veracruz. Tesis de Maestría. Colegio de Posgraduados Campus Veracruz Programa en Agroecosistemas Tropicales, Manlio Fabio Altamirano Veracruz, México. 74 p.
- Plenge-Tellechea, F., J. A. Sierra-Fonseca, y Y. A. Castillo-Sosa. 2007. Riesgos a la salud humana causada por plaguicidas. Tencnocienc. Chih. 1: 4-6.
- Rodríguez H., A. Montoya, Y. Pérez M., y M. Ramos. 2013. Reproducción masiva de ácaros depredadores Phytoseiidae: Retos y perspectivas para Cuba. Prot. Veg. 28: 12-22.
- Ruiz R., O. 2006. Agroecología: Una disciplina que tiende a la transdisciplina. Interciencia 31: 140-145.
- Salazar-Solís, E., y M. D. Salas-Araiza. 2003. Importancia del uso adecuado de agentes de control biológico. Acta Univ. 13: 29-35.
- SIAP (Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera). 2017. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola de los Estados Unidos Mexicanos. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo rural, Pesca y Alimentación. Accesible en: <http://www.siap.gob.mx>. (Consulta: marzo 2017).
- Stern, V. M., R. F. Smith., R. Bosch, and K. S. Hagen. 1959. The integration of chemical and biological control of the spotted alfalfa aphid. Hilgardia 29: 81-101.
- Toledo, J., y F. Infante. 2008. Manejo Integrado de Plagas. Ed. Trillas. D.F., México. 327 p.
- USDA (United States Department of Agriculture). 2014. Situación actual de la papaya. Accesible en: <http://propapaya.org/acerca-de-la-papaya/situacion-de-la-papaya>. (Consulta: marzo 2017).

- Valencia-Domínguez, H., G. Otero-Colina, M. Santillán- Galicia, y E. Hernández-Castro. 2011. Acarofauna en papaya var. Maradol (*Carica papaya* L.) en el estado de Yucatán, México. *Entomotropica* 26: 17-30.
- Vargas, M., L. M. 1994. Sobre el concepto de percepción. *Alteridades* 4: 47-53.
- Vázquez E., G., H. Mata V., R. Ariza F., y F. Santamaría B. 2010. Producción y Manejo Postcosecha de Papaya Maradol en la Planicie Huasteca. 4a. Ed. INIFAP Villa Cuauhtémoc, Tamaulipas. pp. 24-25.

# **CAPÍTULO I. PERCEPCIÓN DE PRODUCTORES SOBRE LOS DAÑOS EN FRUTOS Y EL CONTROL DE ÁCAROS EN LA PRODUCCIÓN DE PAPAYO EN LA ZONA CENTRO DEL ESTADO DE VERACRUZ**

## **Resumen**

México se encuentra dentro de los principales productores de papaya variedad Maradol y destina parte de su producción a los mercados internacionales con un 84% al mercado estadounidense. Los productores que se dedican a la producción de este cultivo, se enfrentan a distintas problemáticas; una de ellas es el ácaro fitófago *Tetranychus merganser* Boudreaux, causante de daños considerables en el desarrollo del cultivo y en su productividad. El trabajo tuvo como finalidad relacionar la percepción del daño de *T. merganser* por los productores y el daño ocasionado sobre la calidad del fruto de papayo en huertos comerciales en la zona Central Costera de Veracruz. Los productores identifican a los ácaros como el problema principal en cuanto al desarrollo del cultivo, seguido de la virosis (mancha anular del papayo, PRSV-p) y como tercer problema la antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides*). También indicaron la forma en que reconocen el daño que ocasionan los ácaros en la planta de papayo; siendo el manchado gris en hojas el 28% y el amarillamiento de hojas por el 25 % mencionado de los productores entrevistados. En cuanto a la calidad del fruto, la deformación con un 32.85 % es uno de los principales defectos que impide que los productores puedan vender su producto, seguido de la antracnosis con un 23.75 %. El daño por ácaros en frutos tuvo apenas 3.95 % de menciones ponderadas; no parece ser un problema que limite su venta. La percepción de los productores con respecto al daño que ocasionan los ácaros, es mayor durante el desarrollo de la planta, afectando el rendimiento del cultivo de papayo.

Palabras clave: antracnosis, calidad de fruta, daños por ácaros, productores de papaya, *Tetranychus merganser*.

# **GROWERS PERCEPTION OF FRUIT DAMAGE AND THE CONTROL OF MITES IN THE PRODUCTION OF PAPAYO IN THE CENTRAL AREA OF THE STATE OF VERACRUZ**

## Summary

Mexico is among the main producers of papaya variety Maradol and set part of its production to international markets, such as the USA, where 84% of the exportation is directed. Papaya growers face several problems; being one the phytophagous mite *Tetranychus merganser* Boudreaux, who causes considerable damages in the cultivation and hinders productivity. The goal of this work was to relate growers' perception of damage caused by *T. merganser* and papaya fruit quality in commercial orchards of the central coastal area of Veracruz State. Growers identified mites as the main problem during crop development, followed by virosis (papaya ringspot virus, PRSV-p) and thirdly anthracnose (*Colletotrichum gloeosporioides*). Also, indicated how they recognize the damage caused by mites in the plant, where grey spotting on leaves obtained 28% of the mentions by growers surveyed, and leaf-yellowing 25 %. Regarding fruit quality, the deformity was referred 32.85 %, one of the major defects impeding growers to sell their product; followed by anthracnosis by 23.75 %. Mite damage in fruits had barely 3.95 % of weighted mentions; it does not seem to be an issue limiting fruit sells. Growers perceive that mite-damage is larger during the development of papaya plants, affecting crop yields.

Key words: anthracnose, fruit quality, mite damage, papaya growers, *Tetranychus merganser*.

## 1.1 Introducción

*Carica papaya* L. es una planta herbácea perenne de vida corta, la cual brinda distintos beneficios alimenticios, tales como vitaminas antioxidantes (C, A y E), minerales (magnesio y potasio), ácido pantoténico y fibra (Girish y Prabhavathi, 2019), y es una de las tres principales frutas consumidas en el mundo. Este frutal se encuentra distribuido en aproximadamente 60 países tropicales y subtropicales; entre los que sobresalen como productores la India, Brasil, Indonesia, Nigeria, México, Etiopía y Guatemala; en el mundo se producen aproximadamente 1 058 162 t año<sup>-1</sup> (Valencia *et al.*, 2017). La variedad Maradol, de origen cubano, fue introducida a México en 1977; los frutos son de forma alargada y cilíndrica, y llegan a pesar entre 1 y 3 kg; la pulpa es de color roja o amarilla y su sabor es dulce, atractivo para el consumidor (ProPapaya, 2009).

El SIAP (2017) menciona que el cultivo de papayo cubre 1.5 % de la superficie sembrada nacional. México es el quinto país productor de papaya variedad Maradol, y destina parte de su producción a los mercados internacionales. El 84 % de su exportación se destinan al mercado estadounidense (Valencia *et al.*, 2017).

A pesar de que el cultivo de papayo es de importancia económica, los productores se enfrentan a problemas que reducen la producción, el rendimiento, y por ende su economía. Dichos problemas son la falta de financiamiento, mermas durante la cosecha y postcosecha, falta de organización para la comercialización del producto final, cambios en el patrón climático, falta de capacitación sobre el manejo del cultivo y daños por plagas (Miranda- Ramírez *et al.*, 2018). El ácaro fitófago *Tetranychus merganser* Boudreaux, conocido por los productores como “araña roja”, causa daños considerables en el desarrollo del cultivo y en su productividad; ha sido poco estudiado debido a que no se consideraba como una plaga importante, sin embargo, su distribución y hospedantes lo convierte en una plaga de importancia económica (Abato-Zárate *et al.*, 2014).

Por otro lado, se define “calidad” como el conjunto de propiedades biológicas, físicas y químicas que cumplen los requerimientos sanitarios, nutricionales y físico-mecánicos, que satisfacen al consumidor (Bohórquez, 2003). Una de las características más utilizadas para la comercialización del fruto es la apariencia física, por lo que el sector agrícola busca satisfacer esta demanda del consumidor (Plana *et al.*, 2009). Se desconoce la existencia de investigaciones que abarquen aspectos de la dimensión social, con respecto a la percepción de los productores de papayo hacia los daños ocasionados por los ácaros y su control; el elemento social es de importancia para poder establecer acciones de utilidad para los productores, que minimicen las pérdidas económicas en el

cultivo de papayo. Por tanto, el presente trabajo tuvo como finalidad relacionar la percepción del daño de *T. merganser* por los productores y el daño ocasionado sobre la calidad del fruto de papayo en huertos comerciales en la zona Central Costera de Veracruz.

## 1.2 Materiales y Métodos

El estudio se desarrolló con productores de la zona centro del estado de Veracruz. Para determinar la percepción de los productores de papayo sobre aspectos importantes del manejo del cultivo y el daño que ocasiona el ácaro plaga sobre la calidad del fruto, se utilizó una muestra de 42 productores de papayo de los municipios de La Antigua, Paso de Ovejas, Puente Nacional, Tierra Blanca y Cotaxtla, además de un productor encuestado en cada uno de los siguientes municipios: Soledad de Doblado, Tlalixcoyan, Camarón de Tejeda, Pánuco y Alto Lucero (Cuadro 1). Para calcular el universo de los productores de papayo en la zona centro de Veracruz se obtuvo una superficie cultivada aproximada de 1 949 ha (SIAP, 2019), se asumió un promedio de 4.6 ha por productor, por lo que el total aproximado de productores es de 423. Se obtuvo una muestra correspondiente al 10 % (n = 42 productores). Sin embargo, los productores entrevistados mencionaron que en los últimos años disminuyó la existencia de productores papayeros en la región. Se empleó el método de entrevista con preguntas abiertas; para ello se elaboró un cuestionario con cuatro secciones, en la que se abordaron los temas indicados en el Cuadro 2.

**Cuadro 1.** Productores de papayo entrevistados de la zona centro de Veracruz.

<b>Municipio</b>	<b>% de productores</b>	<b>Municipio</b>	<b>% de productores</b>
Cotaxtla	40.47	Alto Lucero	2.38
Tierra Blanca	14.29	Camarón de Tejeda	2.38
Puente Nacional	14.28	Tlalixcoyan	2.38
Paso de Ovejas	7.14	Pánuco	2.38
La Antigua	7.14	Soledad de Doblado	2.38

Las preguntas abiertas permitieron al entrevistado expresar cómo percibe los problemas relacionados con el manejo de su cultivo, principalmente acerca de los daños que afectan la calidad del fruto. Se realizó un análisis de la información, donde se determinó el promedio, desviación estándar y el porcentaje que representó cada respuesta; también se realizó una ponderación de

algunas secciones de la información recaudada, ya que en algunas preguntas se solicitaban cuatro respuestas con orden de importancia. Entre los productores entrevistados se encontraba un informante clave que proporcionó información importante sobre la comercialización del fruto en las centrales de abasto de Veracruz y la Ciudad de México.

**Cuadro 2.** Temas abordados en el cuestionario que se aplicó a productores de papayo en la zona centro de Veracruz.

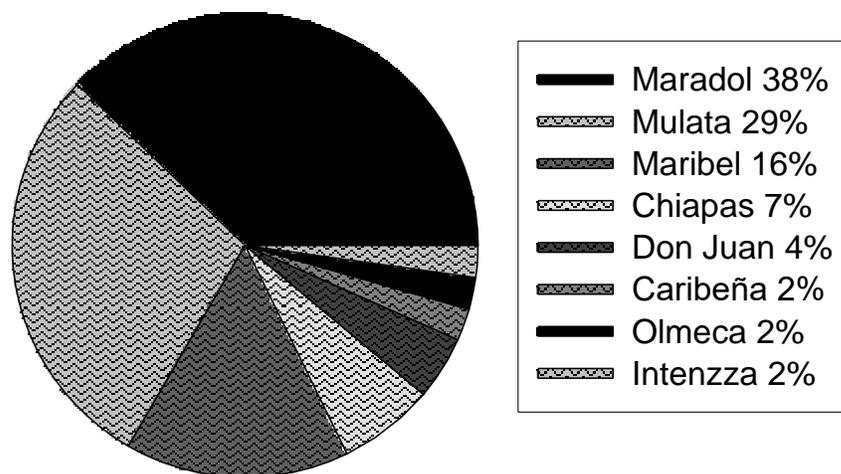
<b>Sección del cuestionario</b>	<b>Tema abordado</b>
Datos del productor	Nombre, edad, escolaridad y ocupación
Información del cultivo	Ubicación de la parcela, extensión, variedad del cultivo, sistema de riego, rendimiento y mercado al que va dirigido
Percepción de daños en fruto	Principales daños que afectan la producción, daño de mayor importancia, % de mermas, presencia de ácaros
Manejo de ácaros	Métodos de control y acaricidas utilizados
Calidad del fruto	Características físicas solicitadas para su comercialización, defectos que le impiden ser aceptados, principal problema que impide su venta y destino del fruto de 2. <sup>a</sup> calidad

### 1.3 Resultados y Discusión

**Superficie cultivada promedio.** De los municipios donde se aplicaron entrevistas a más de un productor, se obtuvo el promedio de la superficie sembrada de papayo variedad Maradol por productor, en la zona centro de Veracruz. En el municipio de Cotaxtla, en promedio, la superficie sembrada con papayo fue de 5.5 ha por productor, en Tierra Blanca 2.7 ha, en Puente Nacional 2.7 ha, en Paso de Ovejas 5.0 ha y en La Antigua 2.8 ha. Todos los productores utilizan sistema de riego por goteo con cintillas plásticas. De acuerdo al SIAP (2019), en 2011 Cotaxtla fue considerado como el principal municipio productor de papayo en el estado de Veracruz; en este estudio todavía fue Cotaxtla donde se encontró la mayor parte de productores de papayo. SIAP (2019) reportó que durante 2017, el municipio de Cotaxtla contaba con 743 ha, Tlaxicoyan con 525 ha y Tierra Blanca con 501 ha de superficie sembrada del cultivo de papayo. Sin embargo, al realizar la búsqueda de productores de papayo en la zona centro del estado, no se pudo localizar a gran número de ellos. Los productores entrevistados, mencionaron que los que dejaron el cultivo

de papayo decidieron cambiar a lima Persa, ya que consideran que es un cultivo de importancia económica, que no requiere tanta atención ni inversión como la que requiere el papayo para poder obtener altos rendimientos y calidad de frutos. Valencia *et al.* (2017) mencionan que a pesar de que el cultivo de papayo tiene relevancia económica, los productores papayeros se enfrentan a diferentes problemáticas, entre las que sobresalen los problemas financieros, ausencia de tecnología e infraestructura, falta de organización para la comercialización, sin olvidar los problemas asociados al cambio climático, virus y otras plagas. Granados *et al.* (2015) mencionan que, para cultivar una hectárea de papayo en Veracruz, la preparación del terreno, adquisición de semillas, agroquímicos, equipo para aplicar agroquímicos, gastos en labores culturales y el pago a jornaleros requiere al menos \$100 000.00. Así mismo Abato-Zarate *et al.* (2011) reportó que el cultivo de papayo, bajo un sistema de riego por goteo, requiere una inversión superior a \$100 000.00 ha<sup>-1</sup>, con una superficie mínima de 2 ha.

**Variedades cultivadas.** El 100 % de los productores entrevistados sembró papaya variedad Maradol; sin embargo, varios indicaron el uso de subtipos de esta variedad (Figura 1).



**Figura 1.** Subtipos de papayo variedad Maradol utilizados por los productores de la zona centro de Veracruz.

Aunque 38 % de los productores no mencionó qué subtipo de Maradol utiliza, los más mencionados en la zona fueron Mulata (29 %), Maribel (16 %) y Chiapas (7 %). La diversidad de subtipos de Maradol se justifica debido que los productores enfrentan problemas de comercialización, calidad del fruto, plagas y enfermedades; por ello prueban diferentes subtipos, observan cuál tiene la

calidad y características que le exige el mercado, cuál es menos susceptible a plagas y con cuál se obtiene mayor rendimiento en las condiciones agroclimáticas locales. Alcántara *et al.*, (2010) evaluaron la tolerancia de nuevos híbridos de papayo a daños ocasionados por plagas, su producción y calidad del fruto.

El rendimiento máximo que mencionaron los productores fue de 110 t ha<sup>-1</sup>, obtenido con el subtipo Mulata; no muy alejado estuvo el rendimiento máximo de la variedad Maradol (sin subtipo), que fue de 100 t ha<sup>-1</sup>. Semillas del Caribe (2019) promueve al subtipo Mulata como un genotipo con rendimientos de entre 80 y 110 t ha<sup>-1</sup>, con una proporción 66-34 % de plantas hermafroditas-femeninas, que producen cerca de 57 frutos por planta en el primer flujo de cosecha. Al utilizar distintos subtipos de Maradol, los productores observan el desarrollo del cultivo y el rendimiento obtenido, tanto por ellos como por sus vecinos; así deciden qué subtipo les da las mayores ventajas, de acuerdo a las condiciones ambientales existentes. Además, buscan producir frutos con excelente calidad organoléptica. En ese sentido, en Brasil también se introdujeron nuevas variedades de papayo con características gustativas, lo que benefició a los productores en la expansión del frutal, ya que contaba con mayor aceptación para su exportación (Mora y Bogantes, 2004). Rivas-Valencia *et al.* (2003) mencionan que algunos productores deciden utilizar las variedades Maradol y Red Lady porque generan alto rendimiento, tamaño de fruto adecuado y larga vida de anaquel.

**Escolaridad de productores.** De los 42 productores entrevistados, 9 % tienen de 20 a 30 años de edad, 7 % de 30 a 40 años, 38 % de 40 a 50 años, y el 45 % restante son productores con más de 50 años de edad. Sin embargo, del grupo de mayor edad, la mayoría solo cuenta con primaria. En el Cuadro 3 se muestran las relaciones que existen entre la escolaridad y la toma de decisiones respecto a la superficie sembrada, rendimiento y la pérdida de producto asociado a plagas (ácaros, virosis y antracnosis).

Los productores que cuentan con escolaridad de secundaria y primaria presentan en promedio 34 y 30 % de merma de fruto durante su producción, respectivamente. Esto puede asociarse con la escolaridad del productor, ya que, les es más difícil adoptar nuevas tecnologías que les ayuden a mejorar su producción.

Con el paso del tiempo han aparecido nuevas plagas que ellos antes no conocían. Esto justifica el diseño de un programa de capacitación, con el objetivo de ampliar su conocimiento para identificar los principales factores que disminuyen la producción de papayo.

**Cuadro 3.** Relación de productores de papayo de la zona centro de Veracruz, escolaridad y merma en la producción debido a plagas (ácaros, virosis y antracnosis) indicada por ellos.

	<b>n</b>	<b>Superficie sembrada (ha)</b>	<b>Rendimiento (t ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>Merma (%)</b>
Posgrado	1	2.00	80.00	10.0
Licenciatura	3	5.33 ± 3.06	73.33 ± 20.82	23.0 ± 12.0
Preparatoria	10	3.60 ± 1.91	11.50 ± 5.52	26.0 ± 10.0
Secundaria	8	3.43 ± 1.41	38.14 ± 35.31	34.0 ± 12.0
Primaria	20	4.7 ± 7.51	24.75 ± 32.88	30.0 ± 13.0
General	42	4.24 ± 5.31	27.15 ± 31.24	28.0 ± 12.0

Los productores con escolaridad de posgrado y licenciatura cuentan con el rendimiento promedio más alto (80.0 y 73.3 t ha<sup>-1</sup>), y tienen menor porcentaje de merma. Esto puede deberse a que adquieren mejor conocimiento respecto al cuidado del cultivo y a que cuentan con la solvencia económica para invertir en la huerta. Ellos mencionaron que su principal mercado es nacional y de exportación. En el caso del productor con posgrado, él produce semillas certificadas, por lo que requiere más atención e inversión hacia el cultivo, pero espera una rentabilidad aún mayor.

**Percepción de daños en fruto: Principales problemas asociados al cultivo.** Cada productor mencionó los cuatro principales problemas que afectaban a su cultivo (Cuadro 4). Los ácaros fueron el problema principal, seguido de la virosis (mancha anular del papayo, PRSV-p) y como tercer problema la antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides* [(Penz.) Penz. y Sacc.]). El 100 % de los productores mencionaron que tuvieron problemas con ácaros durante el ciclo de producción del papayo. Abato-Zarate *et al.* (2011) mencionaron que 96 % de los productores de la zona centro de Veracruz presentaron infestación de ácaros en sus cultivos, a los que consideraron como el segundo problema de importancia para este cultivo.

**Reconocimiento de daños y merma ocasionada.** El 38.46 % de los productores mencionó que los ácaros causan en promedio 32 % de merma. El aumento de la importancia del control de ácaros podría atribuirse al uso frecuente y excesivo de los acaricidas (Valencia-Domínguez *et al.*, 2011).

**Cuadro 4.** Problemas que presentan los productores en el desarrollo de la plantación de papayo, ponderados por importancia y número de menciones.

<b>Problema</b>	<b>Total ponderado</b>	<b>Problema</b>	<b>Total ponderado</b>
Ácaros	30.55	Tizón	0.65
Virosis	26.50	Piojo harinoso	0.65
Antracnosis	21.05	Viento	0.50
Aves	2.10	Gusano del cuerno	0.45
Financiamiento	2.50	Daños por sol	0.45
Nutrición	2.15	Malezas	0.25
Estrés	1.45	Lluvias	0.25
Fitoplasmas	0.90		

Esto se debe a que, en años anteriores, la presencia de ácaros no representaba dificultad para su manejo. Los productores reconocen que los ácaros plaga son el principal problema que ocasiona daños en la planta y provoca pérdidas en el fruto, a la vez que afectan su calidad; también indicaron la forma en que reconocen la presencia y el daño que ocasionan los ácaros en la planta de papayo. El manchado gris en hojas, fue la principal característica que menciono 28 % de los productores; el amarillamiento de hojas fue indicado por el 25 %, siendo la segunda característica para el reconocimiento de la presencia de ácaros (Figura 2). Vargas-Sandoval *et al.* (2016) mencionan que las especies de ácaros pertenecientes a la familia Tetranychidae, son capaces de producir decoloración foliar y caída de las hojas de las plantas hospederas en donde se encuentran.

El daño que realizan los ácaros en el follaje afecta indirectamente la calidad del fruto, debido a que ocasiona la defoliación de la planta, con lo que el fruto queda expuesto a la luz solar. Contreras *et al.* (2008) mencionan que el golpe de sol (sunburn) es un daño ocasionado por la insolación, el cual afecta la calidad de productos hortofrutícolas y limita la comercialización de los mismos. El aumento de la temperatura por el sol influye en el desarrollo del fruto, ya que afecta la velocidad de sus procesos fisiológicos; dando lugar al fenómeno de estrés hídrico, que ocasiona que los ácidos orgánicos se activen y se produzcan frutos insípidos.



**Figura 2.** Daños ocasionados por ácaros en hojas de papayo A) Manchado gris en hoja y B) Amarillamiento en follaje.

La radiación solar es un factor importante que determina la calidad del fruto, por lo que radiaciones altas y prolongadas causan quemaduras sobre los frutos, tal y como se muestra en la Figura 3 (Ficher, 2000).



**Figura 3.** Daños en frutos de papayo, ocasionados por la exposición al sol.

Por otro lado, el 32.69 % de los productores mencionó que la virosis es un daño importante, ya que les ocasiona en promedio 23.08 % de merma. Además, la antracnosis ocasiona una merma promedio del 21.54%, lo cual fue mencionada por 19.23 % de los productores. Finalmente, 5.76 %

de los productores mencionó que problemas como el viento, rayaduras y pelazón causaban en conjunto 23.08 % de la merma.

El 13 % de los productores relacionó la defoliación con la presencia de ácaros; también manifestaron daños en el cogollo y enroscamiento de las hojas. Estos datos coinciden con lo reportado por Abato-Zárate *et al.* (2014). En el caso de frutos, el 16 % de los productores reconocen la presencia de ácaros. Mencionaron que los daños se presentan cuando no hay un control preventivo sobre las poblaciones. Sin embargo, cuando las poblaciones de ácaros permanecen bajas, puede haber daños al fruto, pero con menor severidad (Figura 4).



**Figura 4.** Daños de ácaros en frutos de papayo en la zona centro de Veracruz. A) Bajo grado de severidad, y B) Alto grado de severidad de daño por ácaros.

El daño que ocasionan los ácaros también disminuye el precio del fruto, el 34 % de los productores indicó que el precio de su producto disminuye en promedio 50%, aunque 32 % de ellos indicó que disminuye en 40 % y 17 % mencionó que el precio disminuye en 30%.

Los ácaros ocasionan reducción en el rendimiento de frutos producidos por planta. También contribuye a que la calidad del fruto disminuya, debido a que sus hábitos alimenticios ocasionan daños directos en la apariencia; a su vez, cambia el tipo de mercado al que va dirigido el fruto y afecta directamente la ganancia de los productores (Toapanta, 2018).

**Manejo de ácaros.** Con respecto al manejo de los ácaros, los productores indicaron que usan plaguicidas, jabones y aceites como métodos de control (Cuadro 5). Treinta productores

mencionaron que utilizan abamectina (Agrimec®) para disminuir las poblaciones de ácaros en sus parcelas. Los siguientes plaguicidas que más mencionaron los productores de papayo fueron spiromesifen (Oberon®) y dicofol (AK-20®). García-Mari *et al.* (1988) reportaron que el dicofol afecta más a larvas recién eclosionadas de *Panonychus citri*; en el caso de *Tetranychus urticae*, se produce mortalidad directa en hembras adultas, aunque en las supervivientes hay una reducción en la fecundidad.

**Cuadro 5.** Acaricidas utilizados por productores de papayo para el manejo de ácaros.

<b>Ingrediente activo</b>	<b>Número de veces mencionado</b>	<b>Ingrediente activo</b>	<b>Número de veces mencionado</b>
abamectina	30	metamidofos	6
spiromesifen	18	cipermetrina	4
dicofol	18	imidacloprid	4
cyflumetofen	16	jabones agrícolas	3
bifenazate	14	edezasol	1
aceites	7	fipronil	1
azufre	7	etoxazole	1

Además, los productores hacen uso de detergentes (Pinol® y Roma®) para poder combatir a los ácaros; los utilizan por ser productos económicos, de fácil aplicación y les permite eliminar huevos, adultos y telaraña que producen los tetraníquidos. Sin embargo, el uso excesivo de estos productos puede ocasionar daños por fitotoxicidad en el follaje y afectar la calidad de los frutos, ya que quedan expuestos al sol (Figura 5).

En el Cuadro 6, se muestran el ingrediente y grupo toxicológico activo de cada uno de los plaguicidas que utilizan los productores entrevistados. De los plaguicidas que se observan; en la mayoría de ellos, el modo de acción es inhibir el sistema nervioso del ácaro y posteriormente ocasionarle la muerte. Para que estas sustancias puedan ser efectivas en el control de ácaros, se recomienda que se realice una rotación de los productos; esto con el fin de evitar el desarrollo de resistencia. De forma general, 95 % de los productores indicaron que reciben asesorías para la formulación y aplicación de productos químicos en el cultivo de papayo; el 46 % recibe asesorías por parte de compañías de agroquímicos, las cuales les venden los productos para la nutrición del

cultivo y el control de plagas. Este servicio lo brindan con el propósito de que el productor pueda seguir consumiendo los productos químicos que ellos distribuyen y así mantener una cartera segura de clientes.



**Figura 5.** Daños en follaje de plantas de papayo, ocasionado por el uso excesivo de jabones.

**Cuadro 6.** Acaricidas (sus ingredientes activos y grupos toxicológicos) utilizados para el control de ácaros del papayo en la zona centro de Veracruz. Información consultada en las fichas técnicas de cada producto comercial.

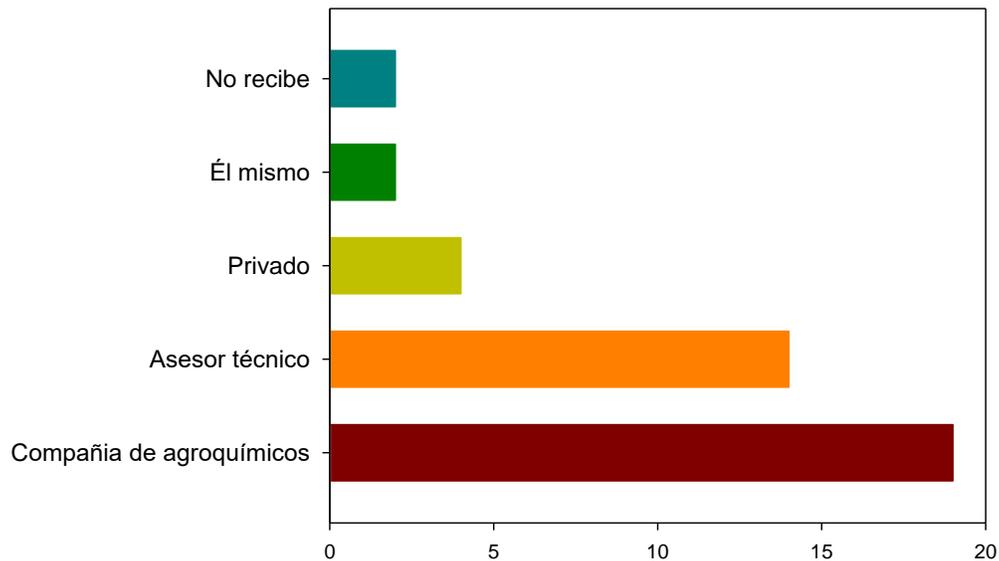
<b>Ingrediente activo</b>	<b>Producto comercial</b>	<b>Grupo toxicológico</b>
abamectina	Agrimec®	Avermectinas
spiromesifen	Oberon®	Ácido tetrónico
dicofol	AK-20®	OC-DDT
cyflumetofen	Nealta®	Benzoilacetnitrilos
bifenazate	Acramite® Floramite®	Bifenazate
metamidofos	Tamaron 50LS®	Organofosforado
cipermetrina	Zeta-cipermetrina®	Piretroide, clorado
imidacloprid	Confidor®	Neonicotinoide
fipronil	Fipronil ®	Fenil pyrazoles
etoxazole	TetraSan®	Diphenyloxazoline

El 34 % de los encuestados recibe asesorías por parte de un asesor técnico; un 10 % de los productores recibe asesorías privadas, aunque no mencionaron el tipo de empresa que les brinda el servicio; el 5 % realizan las aplicaciones por sí mismos, y preparan las dosis de acuerdo a la etiqueta del producto; otro 5 % mencionó que no recibe asesorías (Figura 6). A comparación con lo reportado por Abato-Zarate *et al.* (2011), los productores si solicitan asesorías para el control de ácaros, debido a que ellos necesitan aplicar productos que sean efectivos para disminuir el riesgo de pérdidas en la producción.

Los plaguicidas se usan de manera intensiva para controlar plagas agrícolas, y afectan la producción, almacenamiento, transporte y comercialización de los alimentos (García-Gutiérrez y Rodríguez-Meza, 2012). Por ello, es importante que los productores tengan conocimiento de los productos químicos que aplican a sus cultivos, ya que de ello depende que exista un buen control de las plagas y no desarrollen resistencia. El uso indiscriminado de estos agroquímicos despierta preocupación por algunos productores que exportan su fruto, debido a que existe la posibilidad de que su producto sea rechazado para garantizar la calidad e inocuidad de los alimentos en los mercados, por contener residuos del plaguicida (Pérez *et al.*, 2013). A pesar de que los entrevistados mencionaron recibir asesorías, se encuentran interesados en recibir más información sobre las distintas plagas que afectan al papayo y cómo mantenerlas controladas. El 65 % de los productores indicó que para el manejo de ácaros solo conocen el control químico; el 16 % mencionó a los repelentes como otro tipo de control; además, ellos mismos formulan extractos de ajo o canela que aplican alrededor de la parcela. Apenas el 11 % mencionó tener conocimiento sobre el control biológico; resalta que fueron los productores atendidos por asesores técnicos los que mencionaron este tipo de control.

Un 5 % conoce y realiza el control cultural, donde eliminan plantas que tengan poblaciones altas de ácaros, siembran barreras de frijol y jamaica, realizan monitoreo diario de plagas y hacen una calendarización de las aplicaciones. El control químico sigue siendo el principal método de control de plagas, debido a que los plaguicidas eliminan con facilidad los organismos dañinos; con ello evitan la pérdida de cultivos y obtienen una buena producción. Sin embargo, a pesar de conocer los daños a la salud y al medio ambiente, los plaguicidas siguen siendo parte fundamental en la producción de sistemas agrícolas (Bernardino *et al.*, 2017). El uso de estos productos químicos eleva el costo de la protección fitosanitaria, impulsa el desarrollo de resistencia por parte de las plagas, son la base del surgimiento de plagas secundarias y provocan la eliminación de enemigos

naturales (Ruiz *et al.*, 2011). Por su parte el control biológico ha permitido su utilización como herramienta en el control de plagas, gracias al estudio sobre la biología, ecología y comportamiento del uso de depredadores (Urbaneja *et al.*, 2005). A pesar de ello, los productores tienen preferencia y mayor confianza en el uso del control químico como primera opción.



**Figura 6.** Tipo de asesoría que reciben productores de papayo de la zona centro de Veracruz.

### **Calidad y comercialización del fruto**

La calidad del fruto de papayo es un factor importante para atraer la atención del consumidor; los productores se enfrentan con problemas que afectan la calidad del fruto y dificultan su comercialización. El tamaño, el color y la firmeza son características importantes para los compradores, ya que lo relacionan con el sabor del fruto. SAGARPA (2017) indica que el fruto de papayo debe tener forma esférica, ligeramente alargada; su piel (cáscara) debe ser lisa y no presentar lesiones; la pulpa tiene que ser firme y gruesa, y el color debe ser anaranjado cuando el fruto está maduro (Figura 7).

El 7 % de los productores se preocupa del manejo del fruto durante su cosecha y transportación; es decir, los jornaleros no tienen cuidado de cosechar la fruta sin maltratar la piel del fruto, lo que demerita su calidad. Durante las entrevistas, los productores indicaron cuáles son los principales defectos en el fruto, que evitan su aceptación por parte de los intermediaristas o “coyotes” (Cuadro 7). La deformación (32.85 %) es uno de los principales defectos que impide que los productores puedan vender su producto (Figura 8).



**Figura 7.** Fruto variedad Maradol con buenas características de calidad a la cosecha.



**Figura 8.** Frutos de papayo con deformaciones genéticas.

**Cuadro 7.** Principales defectos mencionados por los productores, que impiden la venta del fruto de papayo en los mercados regionales y nacionales.

<b>Defectos</b>	<b>Menciones (ponderadas)</b>
Deformación (por temperatura, genética, carpeloidía)	32.85
Antracnosis (Pelazón o falta de boro)	23.75
Daños en la piel (Ralladuras, viento, manejo, manchado)	29.40
Daños por ácaros	3.95
Tamaño inadecuado	2.60
Maduración inadecuada	1.15
Presencia de insectos	0.65

La antracnosis (23.75 %) es el segundo defecto; algunos productores mencionan que, si se presentan problemas en la piel, toda la mercancía de un embarque que va dirigida a la Central de

Abastos de la Ciudad de México se puede afectar, y a su vez dar una mala referencia de la zona de donde proviene el producto.

Los entrevistados relacionan la pelazón con la antracnosis o con la falta de algún nutriente, como boro, durante el desarrollo del fruto. La antracnosis puede provocar grandes pérdidas en la producción y comercialización de frutas y hortalizas, debido a que son productos más susceptibles al ataque de hongos fitopatógenos durante la cosecha y su almacenamiento. Trigos *et al.* (2008) reporta al género *Colletotrichum* como uno de los principales causantes del daño en el aspecto físico, valor nutricional, características organolépticas y problemas en la conservación del papayo; por lo que limita la comercialización del fruto (Figura 9).

Para evitar el crecimiento de la antracnosis o algún otro hongo saprófito durante el almacenamiento del fruto, los productores mencionaron que realizan un lavado del fruto en tinas con mancozeb y tebuconazol (fungicidas), que ayudan a prevenir el desarrollo de estos microorganismos (Figura 10). El mancozeb (Dithane FMB™) es un fungicida de contacto o preventivo, tiene un modo de acción multi-sitio en el hongo; interrumpe la actividad enzimática, ocasiona la disrupción de la respiración y de la producción de ATP en la célula del hongo. El tebuconazol (Orius®) es un fungicida sistémico de largo efecto residual, inhibe la biosíntesis de ergosterol, componente esencial de la membrana de los hongos.



**Figura 9.** Frutos de papayo con problemas de antracnosis (*Colletotrichum* spp.).



**Figura 10.** Lavado de frutos preventivo con productos químicos (funguicidas).

El daño por ácaros en frutos tuvo apenas 3.95 % de menciones ponderadas; no parece ser un problema que limite su venta, según los productores de papayo (Figura 11). Mencionan que es indispensable mantener controladas las poblaciones de ácaros, de lo contrario en ocasiones la infestación es tan grave que deciden dejar la producción de papayo.



**Figura 11.** Presencia de ácaros en una papaya madura variedad Maradol.

El informante clave, uno de los productores entrevistados, se encarga de comercializar su producto al Mercado Malibrán, ubicado en la ciudad de Veracruz. Granados *et al.* (2015) reportaron que la exhibición del producto es fundamental para atraer la atención del consumidor; por lo que en tianguis o mercados se ofertan frutos más maduros, se transportan cantidades más pequeñas y se

mantiene la calidad del fruto en mejores condiciones. En ese sitio de venta existen distintos compradores que, a pesar de que el fruto tenga uno de los defectos antes mencionados, lo aceptan. Ellos clasifican a los frutos como de primera, segunda y tercera calidad. Los frutos de primera calidad en lo general no presentan defectos en la piel y cuentan con una apariencia atractiva; los de segunda calidad no cuentan con el tamaño adecuado y tienen ralladuras en la piel o golpes causados por mala manipulación; su precio disminuye 50 %, aproximadamente. Los frutos de segunda suelen ser comprados por vendedores de fruta picada, dueños de tiendas de licuados o vendedores de frutas y verduras a granel. El entrevistado mencionó que la presencia de este tipo de compradores reduce el porcentaje de mermas durante la venta del fruto en el Mercado Malibrán. Los frutos de tercera calidad son la merma que se produce tanto en la cosecha, como en el almacenamiento y la transportación del fruto.

De acuerdo al Codex Stan 183-1993 (Codex Alimentarius, 2019), existen tres categorías para la clasificación de la papaya: la categoría “extra” son frutos de calidad superior dirigidos al mercado de exportación, no deben tener defectos, excepto que sean muy leves y que no afecten el aspecto del producto. La categoría I especifica que puede tener defectos leves de forma; defectos leves en la piel, tales como magulladuras mecánicas, quemaduras de sol y/o manchas de látex, sin superar el 10 % de superficie afectada. Y la categoría II comprende las papayas que satisfacen los requisitos mínimos; defectos de forma, de coloración, de la piel (magulladuras mecánicas, quemaduras de sol y manchas de látex) y ligeras marcas causadas por plagas, sin superar el 15 % de la superficie afectada.

El informante y los productores entrevistados indicaron que la Central de Abasto de la Ciudad de México también recibe su producto. Al igual que el Codex Stan, en la Ciudad de México se puede encontrar una clasificación de frutos de primera hasta cuarta calidad, dependiendo del peso y características físicas (Granados *et al.*, 2015). El fruto que va dirigido a la Central de Abastos de la Ciudad de México, debe llevar cierto grado de madurez de dos a tres vetas, con el fin de que durante la transportación el fruto llegue a su destino en perfecto estado de maduración y listo para ser vendido. Esto coincide con Granados *et al.* (2015), quienes reportaron que el fruto debe encontrarse en la etapa 2 y 3 de maduración.

Conocer la percepción de los productores de papayo, con respecto a las dificultades a las que se enfrentan, permite conocer los principales problemas que ellos viven día a día en cuanto al daño que ocasionan los ácaros. Tal y como se encontró que, en la etapa de desarrollo de la planta los

ácaros causan mayor daño; viéndose afectada la productividad. En cuanto a la comercialización estos no son un problema, ya que los daños que causan directamente al fruto son mínimos; debido al control químico que se les da. Por lo que se enfocan en otros aspectos físicos del fruto, que determinan la calidad del mismo.

#### **1.4 Conclusiones**

La percepción de los productores con respecto al daño que ocasiona *T. merganser* es mayor durante el desarrollo de la planta, afectando el rendimiento del cultivo de papayo. Sin embargo, durante la postcosecha el daño directo ocasionado por ácaros solo afecta su categoría de clasificación, aunque la fruta más afectada sería pre-clasificada como merma desde campo.

En postcosecha, la antracnosis y otros hongos del fruto son el problema principal en la comercialización; los daños que estos hongos causan no son aceptados por los intermediarios ni por los bodegueros de las centrales de abasto. Por ello, los productores consideran que es de suma importancia mantener controlado el crecimiento de cualquiera de estos patógenos que puedan afectar la calidad y la vida de anaquel de su producto.

Sin embargo, las principales dificultades a las que se enfrentan los productores de papayo están relacionadas con los altos costos de producción y con la falta de inversión económica, lo que está provocando el abandono del cultivo.

#### **1.5 Literatura Citada**

- Abato-Zarate, M., J. A. Villanueva-Jiménez, J. L. Reta-Mendiola, C. Ávila-Reséndiz, G. Otero-Colina, and E. Hernández-Castro. 2011. Simultaneous productive growth groups (SPGG): innovation on papaya mite management. *Trop. Subtrop. Agroecosyst.* 13: 397-407.
- Abato-Zárate, M., J. A. Villanueva-Jiménez, G. Otero-Colina, C. Ávila-Reséndiz, E. Hernández-Castro, and N. Reyes- Pérez. 2014. Acarofauna Associate to papaya orchards in Veracruz, México. *Acta Zool. Mex. (n. s.)* 30: 595-609.
- Alcántara J., J. A., E. Hernández C., S. Ayvar S., A. D. Nava, y T. Brito G. 2010. Características fenotípicas y agronómicas de seis genotipos de papaya (*Carica papaya* L.) de Tuxpan, Guerrero, México. *Rev. Venez. Cienc. Technol. Alim.* 1: 35-46.
- Bernardino H., H. U., R. Mariaca M., A. Nazar B., J. D. Álvarez S., A. Torres D., y C. Herrera P. 2017. Percepciones del uso de plaguicidas entre productores de tres sistemas agrícolas en Los Altos de Chiapas, México. *Acta Univ.* 27: 26-41.
- Bohórquez D., O. A. 2003. Guía para Post Cosecha y Mercadeo de Productos Agrícolas. Serie CAB Ciencia y Tecnología N° 118. Convenio Andrés Bello. 36 p.

- Codex Alimentarius. 2019. Normas Internacionales de los Alimentos. Norma para la papaya (CODEX STAN 183-1993). Accesible en: [http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/codex-texts/dbs/pestres/commodities-detail/es/?c\\_id=135](http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/codex-texts/dbs/pestres/commodities-detail/es/?c_id=135) (Consulta: abril 2019).
- Contreras, C., J. P. Zoffoli, J. A. Alcalde, y M. Ayala. 2008. Evolución del daño por insolación de manzanas ‘Granny Smith’ durante el almacenaje refrigerado. *Cien. Inv. Agr.* 35: 147-157.
- Ficher, G. 2000. Efectos de las condiciones en precosecha sobre la calidad poscosecha de los frutos. *Rev. Comalfi* 25: 39-50.
- García-Gutiérrez, C., y G. D. Rodríguez-Meza. 2012. Problemática y riesgo ambiental por el uso de plaguicidas en Sinaloa. *Ra Ximhai* 8: 1-10.
- García-Mari, F., D. Roca, P. Fonbuena, F. Ferragut, y J. Costa-Comelles. 1988. Acción de los acaricidas tetradifón y dicofol sobre huevos y adultos de *Panonychus citri* (McGregor) y *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae), en cítricos. *Bol. San. Veg. Plagas* 14: 163-169.
- Granados R., R., R. Salceda R., y M. Longar B. 2015. Situación actual y perspectivas tecnológicas de la papaya (*Carica papaya* L.) en el distrito de Veracruz, Veracruz. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 6: 749-761.
- Girish, K., and H. R. Prabhavathi. 2019. Antifungal activity of bacteria against the phytopathogens of papaya (*Carica papaya* L.). *EurAsian J. BioSci.* 13: 83-91.
- Mora, E., y A. Bogantes. 2004. Evaluación de híbridos de papaya (*Carica papaya* L.) en Pococi, Limón, Costa Rica. *Agronom. Mesoamer.* 15: 39-44.
- Miranda-Ramírez, J. M., O. Aguilar-García, J. Aguilar-García, D. Miranda-Medina, y R. del Val-Díaz. 2018. Productividad agrícola- económica del cultivo de papaya (*Carica papaya* L.) en Buenavista Michoacán, México. *Rev. Fac. Cont. Cienc. Admin.* 3: 43-53.
- Pérez, M. A., H. Navarro, y E. Miranda. 2013. Residuos de plaguicidas en hortalizas: Problemática y riesgos en México. *Rev. Int. Contam. Ambie.* 29: 45-64.
- Plana, D., M Álvarez, F. Dueñas, R. M. Lara, C. Moya, y M. Florido. 2009. Evaluación de la presencia de mancha solar en frutos de tomate (*Solanum lycopersicum*). *Cultivos Trop.* 30: 53-56.
- ProPapaya (Comité Nacional Sistema Producto Papaya) 2009. Estudio de oportunidades de mercado e inteligencia comercial internacional de la *papaya mexicana* e identificación de necesidades de infraestructura logística. Accesible en: <http://www.propapaya.org>. (Consulta: junio 2017).
- Rivas-Valencia, P., G. Mora-Aguilera, D. Téliz-Ortiz, y A. Mora-Aguilera. 2003. Influencia de variedades y densidades de plantaciones de papayo (*Carica papaya* L.) sobre las epidemias de mancha anular. *Rev. Mex. Fitopatol.* 21: 109-116.

- Ruiz N., R. E., J. A. Ruiz N., S. Guzmán G., y E. de J. Pérez L. 2011. Manejo y control de plagas del cultivo de tomate en Cintalapa, Chiapas, México. *Rev. Int. Contam. Ambie.* 27: 129-137.
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2017. Regla para la calificación de semilla de papaya (*Carica papaya* L.). Accesible en: <https://www.gob.mx/sader>. (Consulta: marzo 2019).
- Semillas del Caribe. 2019. Accesible en: <http://www.semillasdelcaribe.com.mx/#>. (Consulta: marzo 2019).
- SIAP (Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera). 2017. Anuario Estadístico de la producción Agrícola de los Estados Unidos Mexicanos. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo rural, Pesca y Alimentación. Accesible en: <http://www.siap.gob.mx>. (Consulta: marzo 2017).
- SIAP (Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera). 2019. Estadísticas de papaya en México: Producción, superficie y rendimiento. Accesible en: <http://www.siap.gob.mx>. (Consulta: marzo 2019).
- Toapanta Y., N. J. 2018. Evaluación del nivel de daño agronómico de *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) en variedades de *Fragaria* spp. Universidad Técnica de Ambato. Cevallos, Ecuador. p. 84.
- Trigos, A., K. Ramírez, y A. Salinas. 2008. Presencia de hongos fitopatógenos en frutas y hortalizas y su relación en la seguridad alimentaria. *Rev. Mex. Micol.* 28:125- 129.
- Urbaneja, A., J. L. Ripollés, R. Abad, J. Calvo, P. Vanaclocha, D. Tortosa, J. A. Jacas, y P. Castañera. 2005. Importancia de los artrópodos depredadores de insectos y ácaros en España. *Bol. San. Veg. Plagas* 31: 209-223.
- Valencia S., K., D. Duana A., y T. J. Hernández G. 2017. Estudio del mercado de papaya mexicana: Un análisis de su competitividad (2001-2015). *Suma de Negocios* 8: 131-139.
- Valencia-Domínguez, H., G. Otero-Colina, M. T. Santillán-Galicia, y E. Hernández-Castro. 2011. Acarofauna en papaya var. Maradol (*Carica papaya* L.) en el estado de Yucatán, México. *Entomotropica* 26: 17-30.
- Vargas-Sandoval, M., M. Ramos-Lima, E. E. Molina-Bucio, J. de J. Ayala-Ortega, y T. del C. Ávila-Val. 2016. Comparación de la acarofauna (Acari: Tetranychoidae, Phytoseiidae, Stigmaeidae) en una huerta de mango en México y Cuba. *Entomol. Mex.* 3: 131-135.

**CAPÍTULO II. PARÁMETROS POBLACIONALES DE *Galendromus pilosus* (ACARI: PHYTOSEIIDAE) ALIMENTADO DEL ÁCARO *Tetranychus merganser* (ACARI: TETRANYCHIDAE), PLAGA DE *Carica papaya* (CARICACEAE)**

**Resumen**

Los ácaros de la familia Phytoseiidae agrupan especies que se comercializan para el control biológico de ácaros fitófagos. En México se han registrado 96 especies de fitoseidos, entre ellos *Galendromus pilosus*. El primer reporte en el país fue en el estado de Tabasco en una planta no identificada y en Veracruz en *Populus* sp. *Tetranychus merganser* ha mostrado potencial como plaga de importancia económica en el cultivo de papaya, debido a los efectos negativos que ocasiona en la producción de frutos. El objetivo del presente trabajo fue evaluar la duración del ciclo de vida, la supervivencia, la fecundidad y el potencial como agente de control biológico de *G. pilosus* alimentado con *T. merganser* Boudreaux, ácaro plaga de *C. papaya*, en condiciones de laboratorio. El experimento fue realizado bajo las siguientes condiciones: temperatura  $26 \pm 2$  °C, humedad relativa  $70 \pm 10$  % y 12 h diarias de luz. El tiempo de desarrollo de *G. pilosus* de huevo a adulto fue de  $6.08 \pm 0.74$  días; la curva de supervivencia obtenida fue escalonada, por lo que indicó una mortalidad a partir del inicio de la edad adulta. La tasa intrínseca de crecimiento de *G. pilosus* fue de 0.14 al alimentarse de *T. merganser*. La oviposición en hembras fue de 2.09 huevos día<sup>-1</sup>.

**Palabras clave:** ácaro depredador, agente de control biológico, Phytoseiidae, tabla de vida, Tetranychidae.

**PARAMETERS OF *Galendromus pilosus* (ACARI: PHYTOSEIIDAE) FEEDED FROM THE MITE *Tetranychus merganser* (ACARI: TETRANYCHIDAE), PLAGUE OF *Carica papaya* (CARICACEAE)**

**Summary**

Mites of the Phytoseiidae family gather species that are commercialized for the biological control of phytophagous mites. In Mexico, 96 phytoseiid species have been registered, including *Galendromus pilosus*. The first report of this species in the country was recorded in the state of Tabasco, on an unidentified plant, and in Veracruz state on *Populus* sp. *Tetranychus merganser* has shown potential as an economically important pest in papaya orchards, due to the harmful effects caused during fruit production. The objective of this work was to evaluate the duration of the life cycle, survival, and fecundity of *G. pilosus*, and its potential as a biological control agent, preying on *T. merganser*, a phytophagous mite fed on *C. papaya*. The experiment was performed under the following conditions: temperature  $26 \pm 2$  °C, relative humidity  $70 \pm 10$  % and 12 h of daily light. Development time of *G. pilosus* from egg to adult was  $6.08 \pm 0.74$  days; survival curve obtained was staggered, indicating mortality initiated from the beginning of adulthood. *G. pilosus* intrinsic rate of growth was 0.14 when fed on *T. merganser*. Oviposition of females was on average  $2.09$  eggs day<sup>-1</sup>. *G. pilosus* might be considered as a potential biological control agent of *T. merganser* in papaya production.

**Key words:** biological control agent, life table, Phytoseiidae, predatory mite, Tetranychidae.

## 2.1 Introducción

Los ácaros de la familia Phytoseiidae destacan por agrupar a casi todas las especies que se utilizan comercialmente para el control biológico de ácaros fitófagos, ya que regulan las poblaciones de especies que ocasionan pérdidas en cultivos de importancia económica. Este grupo de ácaros cuenta con aproximadamente 2 250 especies descritas; en varias de ellas se ha evaluado su capacidad como agentes de control biológico (Tello *et al.*, 2011). Aunque existen dudas sobre su validez taxonómica, en México se han registrado 96 especies de fitoseidos; dentro de la subfamilia Typhlodrominae, se han reportado las siguientes especies del género *Galendromus*: *G. annectens* (De León, 1958), *G. helveolus* (Chant, 1959), *G. longipilus* (Nesbitt, 1951), *G. occidentalis* (Nesbitt, 1951), *G. porresi* (McMurtry, 1983), *G. carinulatus* (De León, 1959), *G. pinnatus* (Schuster & Pritchard, 1963), *G. reticulus* (Tuttle & Muma, 1973) y *G. pilosus* (Chant, 1959). Se sabe muy poco de la biología de los depredadores del género *Galendromus*. Las especies a las que se les ha evaluado su potencial como agentes de control biológico son: *G. occidentalis* (Pruszyński y Cone, 1973), *G. annectens* (Mesa *et al.*, 1988), *G. flumenis* (Ganjisaffar y Perring, 2017) y *G. pilosus* (Aguilar y Salas, 1989).

Los ácaros de la familia Tetranychidae son el grupo más importante en el sector agrícola, debido a que son fitófagos. El principal daño que causan es la destrucción de las células debido a sus hábitos alimenticios. Introducen sus estiletes para remover el contenido celular de las plantas; afectan principalmente el follaje, seguido de frutos y tallos (Badii *et al.*, 2010).

*Tetranychus merganser* Boudreaux (1954) cuenta con un ciclo de vida corto y un alto nivel de reproducción en ambientes naturales y controlados, lo que le da el potencial para comportarse como una plaga de importancia económica (López, 2014). En México ha mostrado potencial como especie invasora y se ha reportado causando daños en hospedantes de importancia económica, entre ellos el papayo (*Carica papaya* L.) (Otero-Colina, 2015). Abato-Zárate *et al.* (2014), indicaron que *T. merganser* es una de las plagas más importantes para el cultivo de papayo en Veracruz, México. Además, estos autores identificaron tres ácaros fitoseidos, entre ellos *G. helveolus*, alimentándose de *T. merganser*. En las colectas previas a esta investigación se localizó a *G. pilosus* sobre plantas de papayo variedad Maradol roja en Jamapa, Veracruz. Anteriormente, Pérez y Marco (2011) determinaron la presencia de *G. pilosus* en una planta no identificada en Tabasco, así como en *Populus* sp. en Veracruz. Además, *G. pilosus* se ha colectado en Guatemala, Honduras, El Salvador, Nicaragua, Cuba y Costa Rica (Phytoseiidae Database, 2018).

Una forma cualitativa y cuantitativa de analizar las características de una población es realizar estudios de tablas de vida y fecundidad. Esta herramienta ayuda a determinar los parámetros de la población; registra el número de individuos muertos, sobrevivientes y su esperanza de vida a una determinada edad (Mesa *et al.*, 1988). La evaluación del potencial de incremento poblacional de un agente de control biológico permite determinar si el organismo cuenta con las características adecuadas para reducir la población de una plaga, entre las que destacan especificidad hacia el hospedero o presa, alta capacidad de búsqueda, aptitud y adaptabilidad, sincronización con el hospedero o presa y su hábitat, y buena habilidad para competir contra otros organismos. Además, en el caso de depredadores, debe determinarse en laboratorio su capacidad para consumir a la presa específica, y posteriormente corroborarla en campo (Salas y Salazar-Solís, 2003).

El objetivo del presente trabajo fue evaluar la duración del ciclo de vida, la supervivencia, la fecundidad y el potencial como agente de control biológico de *G. pilosus* alimentado con *T. merganser*, ácaro plaga de *C. papaya*, en condiciones de laboratorio.

## **2.2. Materiales y Métodos**

### **2.2.1. Pie de cría de *T. merganser***

Se estableció un pie de cría de *T. merganser* en invernadero (Temperatura  $26 \pm 8$  °C y humedad relativa  $75 \pm 10$  %), con el fin de que este ácaro sirviera como alimento para *G. pilosus*. Semanalmente, se colocaron dos semillas de frijol Negro Veracruz en vasos de poliestireno (250 mL), así como semillas de papaya Maradol en charolas de germinación. En ambos casos se utilizó turba de *Sphagnum* spp. (Cosmo peat®) como sustrato. Las plántulas de papayo (con un mes de edad) se trasplantaron en bolsas de vivero, con capacidad de 1 kg, con una mezcla 1:1 de turba y suelo con buena cantidad de materia orgánica. Cuando alcanzaron una altura aproximada de 40 cm, las plantas de papayo y frijol se pasaron a jaulas entomológicas, elaboradas con tubos de policloruro de vinilo (PVC) y tela de organza; esto evitó que otras especies de ácaros o insectos (entre ellos, trips) contaminaran las plantas hospederas (Figura 12). La colonia de *T. merganser* se incrementó tanto en plantas de frijol como de papayo, a partir de la liberación de 10 a 20 hembras en cada planta.

### 2.2.2. Colecta y cría de *G. pilosus*

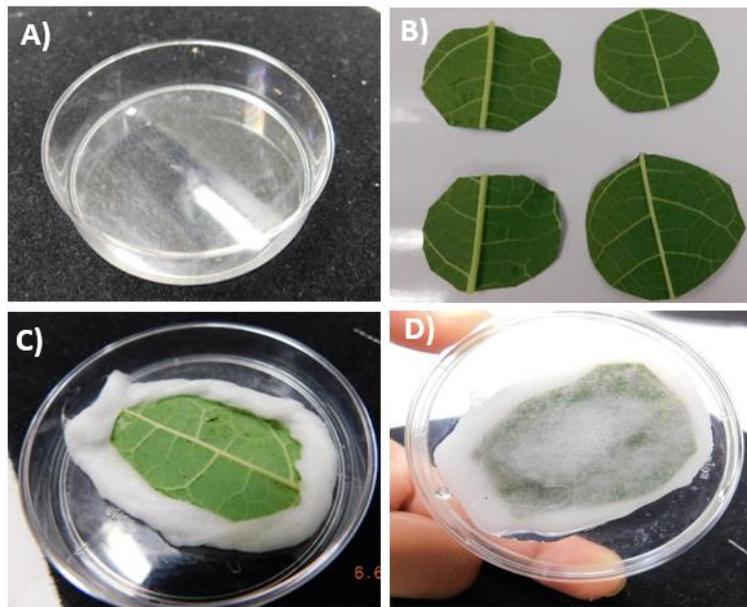
Con ayuda de una lupa de mano (10X), se colectaron adultos de un ácaro en hojas de papayo variedad Maradol, en el Municipio de Jamapa, Veracruz, el cual se identificó visualmente como de la familia Phytoseiidae. Se desprendieron las hojas en donde se observó presencia de dichos ácaros. El material vegetal se colocó dentro de una hielera y se trasladó al laboratorio de Sanidad Vegetal-Entomología del Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz. Las hojas se revisaron nuevamente con ayuda del microscopio estereoscópico Carl Zeiss Stemi dv4®.



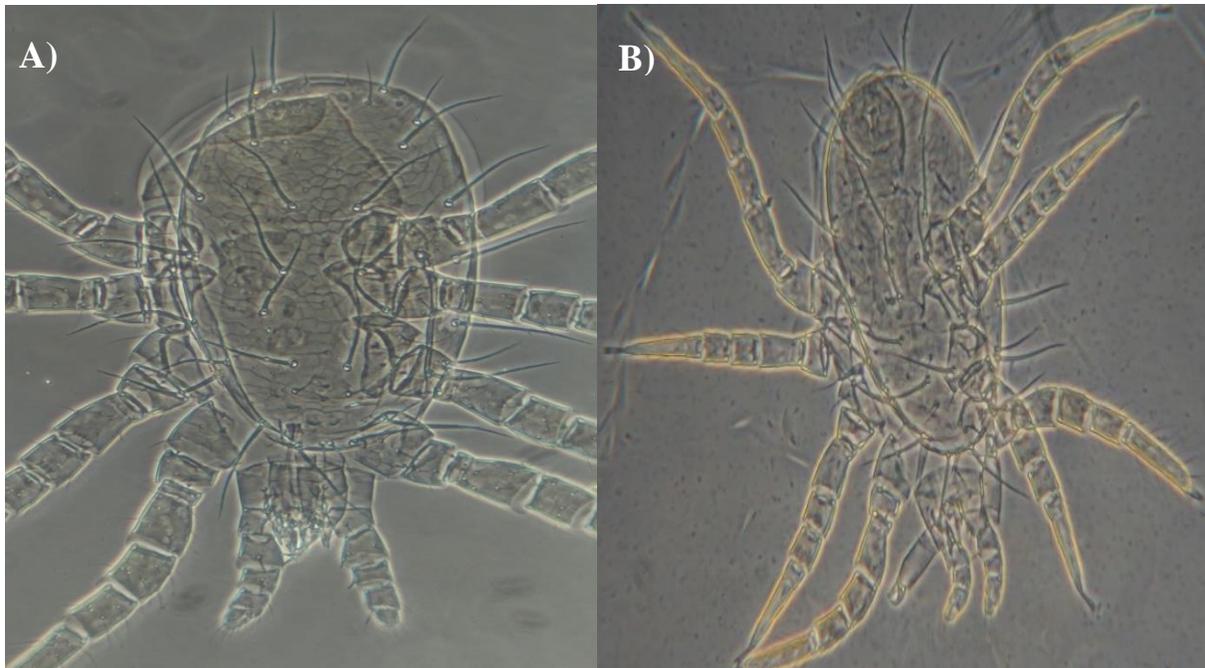
**Figura 12.** Plantas de papayo y frijol de tamaño adecuado para mantener la colonia de *Tetranychus merganser*.

Se seleccionaron los ácaros fitoseidos presentes y se mantuvieron vivos en arenas de experimentales; éstas consistieron en cajas Petri de plástico de 60 x 15 mm con el fondo cubierto con una cama de algodón. En cada caja se colocó un disco de hoja de papayo variedad Maradol de 4 cm de diámetro, con el envés hacia arriba, previamente lavado y examinado con un microscopio estereoscópico, para verificar que no hubiera en ellos ningún ácaro o insecto. Para evitar el escape de los ácaros y a su vez mantener la humedad relativa constante, el algodón se dobló de manera que cubriera los bordes del disco de hoja y se le mantuvo saturado con agua (Figura 13). Se suministraron huevos, larvas, ninfas y adultos de *T. merganser* como alimento para los

depredadores. Los ácaros se colocaron en un cuarto de cría, donde se mantuvo controlada la temperatura ( $26 \pm 2$  °C), la humedad relativa ( $70 \pm 10$  %) y el fotoperiodo (12:12 h luz: oscuridad). Una vez que se estableció la colonia de los ácaros depredadores, se tomaron ejemplares adultos, machos y hembras; éstos se sumergieron en ácido láctico al 80 % por 15 días para su aclaración y posteriormente se montaron en porta y cubreobjetos en medio de montaje Hoyer. Se colocó al ácaro en posición dorsoventral con ayuda de una micro-aguja entomológica (Walter y Krantz, 2009). Los ácaros ya montados se observaron con un microscopio de contraste de fases Carl Zeiss Primostar®; se identificaron con las claves de Chant y McMurtry (2007) y mediante la comparación con la descripción original de Chant (1959) (Figura 14). Esta actividad se realizó con la asesoría del Dr. Gabriel Otero Colina, especialista en ácaros de importancia agrícola de México.



**Figura 13.** Arenas experimentales para cría de *Gaendromus pilosus*. A) Caja de Petri, B) discos de hoja de papayo, C) y D) barrera de algodón por abajo y alrededor del tejido vegetal.



**Figura 14.** Montajes de *Galendromus pilosus*, fotografiados en un microscopio de contraste de fases. a) Hembra, y b) macho.

### 2.2.3. Tabla de vida

El estudio sobre la biología de *G. pilosus* se realizó en el laboratorio de Sanidad Vegetal-Entomología del Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz. Las condiciones ambientales fueron similares a las utilizadas en el cuarto de cría (temperatura  $26 \pm 2$  °C, humedad relativa  $70 \pm 10$  % y fotoperiodo 12:12 h luz: oscuridad). En cada una de las 60 arenas experimentales se colocó una hembra de *G. pilosus*, acompañada de uno o dos machos adultos por arena; una vez transcurridas 24 h, se retiraron los adultos y se dejó un huevo de fitoseido por cada arena. Diariamente, en cada arena se suministró como alimento diez huevos, diez larvas, diez ninfas y diez adultos de *T. merganser*, los que se tomaron de la cría establecida sobre frijol y papayo en invernadero. Semanalmente, se colocaron nuevos discos de hojas de papayo para evitar la presencia de hongos, marchitez o pérdida de turgencia de la hoja.

**Tiempo de desarrollo.** Se determinó el tiempo de desarrollo de cada estadio de *G. pilosus* mediante observaciones diarias; la larva se diferenció de la protoninfa por tener tres pares de patas (Hoy, 2011); la presencia de exuvia expuso el cambio de protoninfa a deutoninfa y al estadio adulto.

**Supervivencia.** Se elaboraron tablas de supervivencia de acuerdo a Southwood y Henderson (2000):

1)  $N_{x+1} = N_x - d_x$ , donde  $N_{x+1}$  = número de supervivientes al inicio del intervalo de edad  $x+1$ ,  $N_x$  = número de individuos vivos de edad  $x$ ,  $d_x$  = el número de individuos muertos de edad  $x$ .

2)  $q_x = d_x/N_x$ , donde  $q_x$  = proporción de mortalidad durante el intervalo de edad  $x$ .

3)  $l_x = N_x/N_0$ , donde  $l_x$  = proporción de organismos que sobreviven al inicio del intervalo de edad  $x$ .

4)  $L_x = [l_x + (l_{x+1})]/2$ , donde  $L_x$  = número de individuos vivos en promedio durante el intervalo de edad  $x$  a  $x+1$ .

5)  $T_x = \sum_{x=1}^n L_x + L_{(x+1)} \dots L_n$ , donde  $T_x$  = número de individuos que viven más de cierta edad.

6)  $e_x = T_x/l_x$ , donde  $e_x$  = promedio de esperanza de vida; es decir, el tiempo promedio que vive un organismo después de haber alcanzado determinada edad.

**Reproducción.** Además, se determinaron los siguientes parámetros asociados a la reproducción del ácaro:

7)  $lh_x = Nh_x/Nh_0$ , donde  $lh_x$  = supervivencia de las hembras, o proporción de hembras que sobreviven al inicio del intervalo de edad  $x$ .

8)  $m_x$  = número de descendientes por hembra en una edad  $x$ .

9)  $R_0 = \sum (lh_x \times m_x)$ , donde  $R_0$  = tasa neta reproductiva.

10)  $T = \sum (x \times lh_x \times m_x) / \sum (lh_x \times m_x)$ , donde  $T$  = tiempo generacional.

11)  $r_m = \ln(R_0) / T$ , donde  $r_m$  = tasa intrínseca de crecimiento de la población.

12)  $D_t = \ln(2) / r_m$ , donde  $D_t$  = tiempo de duplicación de la población.

13)  $\lambda = \exp(r_m)$ , donde  $\lambda$  = tasa finita de crecimiento.

## 2.3 Resultados y Discusión

**Tiempo de desarrollo.** La duración de los diferentes estadios de *G. pilosus* alimentados con *T. merganser* sobre hojas de papayo variedad Maradol, se muestra en el Cuadro 8.

**Cuadro 8.** Duración y desviación estándar de los estados de desarrollo de *Galendromus pilosus* alimentado de *Tetranychus merganser*, criados a  $26 \pm 2$  °C y  $70 \pm 10\%$  de humedad relativa.

Estadios	Macho		Hembra		Cohorte	
	n	días	n	días	n	días
Huevo	41	1.95±0.22	19	2.05±0.41	60	1.98±0.29
Larva	41	1.21±0.42	19	1.15±0.36	60	1.17±0.38
Protoninfa	41	1.00±0.00	19	1.05±0.22	60	1.03±0.18
Deutoninfa	39	1.00±0.00	19	0.98±0.27	58	0.98±0.23
Adulto	36	13.00±12.70	19	13.42±10.45	55	12.62±12.17
Huevo-adulto	41	6.24±0.47	19	6.26±0.65	60	6.08±0.74

Mesa *et al.* (1988) evaluaron el desarrollo de *G. annectens* con dos presas; al consumir *T. urticae*, su tiempo promedio de desarrollo de huevo a adulto (6.1 días) fue similar al que se obtuvo en este trabajo con *G. pilosus*, aunque fue ligeramente menor (5.7 días) al alimentarse de *Mononychellus progresivus* Doreste. Pruszyński y Cone (1973) obtuvieron resultados similares para *G. occidentalis* alimentado con *T. urticae*. Sin embargo, Ganjisaffar y Perring (2017) reportaron que *G. flumenis*, alimentado con *Oligonychus pratensis* (Banks) a una temperatura de 26 °C, duró el doble de tiempo de huevo a adulto (12.02 días), respecto a *G. pilosus* (aquí reportado), *G. annectens* y *M. progresivus*. Por su parte, *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot, alimentado con *T. merganser* a 27 °C, tuvo una duración total de huevo a adulto de 17.98 días (Reyes-Pérez, 2012), cerca del triple de lo aquí obtenido con *G. pilosus*. En otros trabajos también han determinado diferencias mínimas entre hembras y machos, respecto a la supervivencia de huevo respecto al sexo; a 25 °C, Reuveny *et al.* (1996) indicaron que en huevo, las hembras de *Typhlodromus athiasae* Porath & Swirski duraron 2.91 días y los machos 3.03 días.

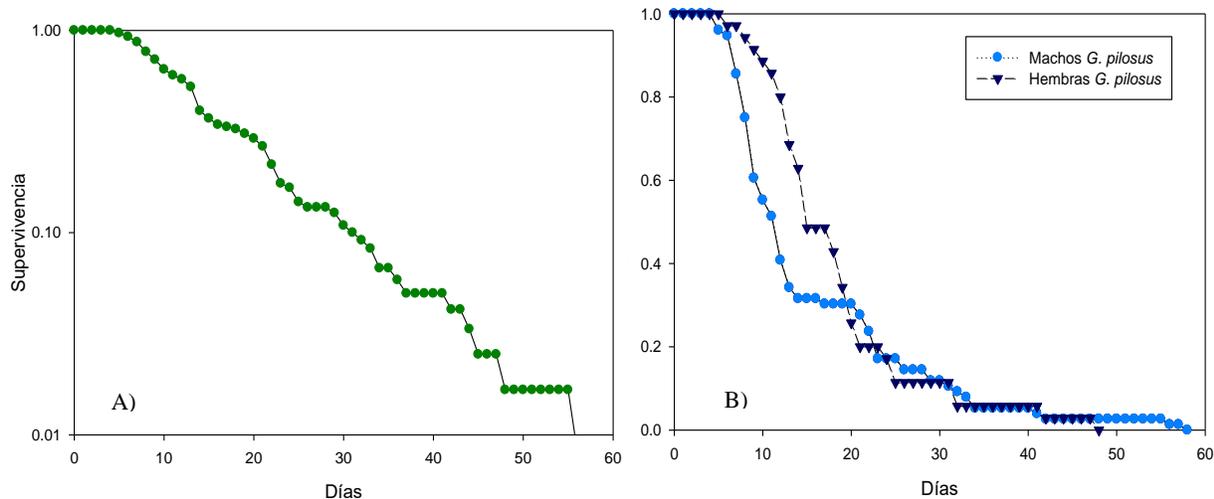
En este estudio, el ciclo de huevo a adulto del depredador (*G. pilosus*) fue 2.6 días menor al ciclo de vida de la plaga (*T. merganser*), estimado por Reyes-Pérez *et al.* (2013), ambos sometidos a 27 °C. El contar con un menor tiempo de desarrollo da una ventaja competitiva al depredador respecto a la plaga en el cultivo de papayo; lo anterior representa un potencial como agente de control biológico por aumento.

**Supervivencia.** La curva de supervivencia de *G. pilosus* muestra que no hubo mortalidad de la población de ambos sexos durante los primeros cinco días, durante el desarrollo de los estadios de

huevo, larva y ninfa, e inició cuando los individuos pasaron al estadio adulto (Figura 15A-B). La mortalidad más temprana se observó en machos entre los días 8 y 15 de desarrollo. A pesar de contar con alimento suficiente, los machos fueron mucho más móviles, presumiblemente por comportamiento sexual de búsqueda de hembras, por lo que intentaban ir más allá de las arenas experimentales; este comportamiento “suicida” provocó que varios de ellos murieron en la barrera de algodón (Figura 15B). Posteriormente, la mortalidad de adultos fue gradual; algunas hembras lograron sobrevivir más del doble de tiempo que los machos.

Houck (1994) ha caracterizado cinco tipos de curvas de supervivencia en ácaros, una más que la indicada por Southwood y Henderson (2000), y dos más de las caracterizadas en los textos clásicos de ecología (Deevey, 1947). La curva de supervivencia de las hembras de *G. pilosus* es similar al tipo II de Deevey, o a los tipos II y III de Southwood y Henderson, y de Houck; sin embargo, la curva obtenida para *G. pilosus* fue más escalonada, parecida a la que ocurre en insectos (Southwood y Henderson, 2000). Estos tipos de curva describen poblaciones con una supervivencia relativamente equitativa respecto a todos los grupos de edad, aunque resalta que, en *G. pilosus*, la mortalidad se presenta escalonada y solo a partir del inicio de la edad adulta.

**Reproducción.** Los parámetros reproductivos de *G. pilosus* alimentado de *T. merganser* se presentan en el Cuadro 9. De manera comparativa, en el Cuadro 10 se muestran los parámetros poblacionales de diferentes especies de ácaros fitoseidos, donde también se evaluó su potencial como agentes de control biológico de ácaros plagas de importancia agrícola.



**Figura 15.** Curva de probabilidad de supervivencia de *Galendromus pilosus* alimentado de diferentes estadios de *Tetranychus merganser*. A) Curva general (escala logarítmica); B) Curvas de machos y hembras.

**Cuadro 9.** Parámetros reproductivos de *Galendromus pilosus* alimentado de *Tetranychus merganser*, criado a  $26 \pm 2$  °C y  $70 \pm 10$  % de humedad relativa.

Parámetros	Media	Unidades
$R_0$	8.89	hembras/hembra
$T$	15.72	días
$r_m$	0.14	hembras/hembra/día
$\lambda$	1.14	hembras/hembra/día
$Dt$	4.99	días

La  $r_m$  obtenida no muestra gran diferencia con la reportada en *G. annectens*, que fue de 0.18 cuando se alimentó de *T. urticae*; en cambio, al alimentarse de *M. progresivus*, la  $r_m$  de este ácaro aumentó a 0.22 (Mesa *et al.*, 1988). Así mismo, Riojas y Vargas (2009) obtuvieron una  $r_m$  de 0.19 para *G. occidentalis* y de 0.25 para *C. picanus*, ambos alimentados con *Oligonychus yothersi* (McGregor). Maroufpoor *et al.* (2016) reportaron que la  $r_m$  de *Neoseiulus californicus* McGregor fue de 0.237 cuando se le alimentó con *Panonychus ulmi* (Koch). En el caso de *P. persimilis*, la  $r_m$  fue de 0.296 cuando se le suministró como dieta *T. urticae* (Moghadas *et al.*, 2016). *Ambyseius largoensis* (Muma) presenta una  $r_m$  menor a la de *G. pilosus*, a diferencia de los otros ácaros fitoseidos. De acuerdo al Cuadro 10, *P. persimilis* presenta la  $r_m$  más alta; este fitoseido se alimentó

exclusivamente con huevos de *T. urticae*, colectado en rosales. En cambio, Reyes (2012) evaluó a *P. persimilis* alimentado con *T. merganser* y obtuvo una  $r_m$  de apenas 0.01.

Se ha observado que las hembras de los fitoseidos que consumen el estadio de huevo tienen mayor fecundidad y su capacidad reproductiva máxima es mayor (Pruszyński y Cone, 1973; Guanilo y Martínez, 2009). A *C. picanus* y *G. occidentalis* se les suministraron 15 ninfas diarias de *O. yothersi* (Rioja y Vargas, 2009); se desconoce cuál pudo ser el efecto en caso de que se le hubieran proporcionado huevos como alimento. Por su parte, *N. californicus* tuvo como dieta a *P. ulmi*, ácaro plaga en manzano, aunque el estadio suministrado no se especifica en el estudio (Maroufpoor *et al.*, 2016). En cambio, en esta investigación *G. pilosus* pudo elegir qué estadio de *T. merganser* consumir. Debe resaltarse que este ácaro depredador no había sido reportado en el cultivo de papayo, lo que puede indicar una relación depredador-presa muy reciente, por lo que su preferencia por consumir a *T. merganser* pudo ser limitada. Esto puede tener relación con lo observado antes de establecer el ensayo, ya que la colonia tardó cerca de dos meses en adaptarse a tener a *T. merganser* como alimento único. Lo anterior puede explicar el valor de  $r_m$ , respecto a los fitoseidos del Cuadro 10.

**Cuadro 10.** Parámetros poblacionales de diferentes especies de ácaros fitoseidos evaluados como potenciales agentes de control biológico, reportados en la literatura.

Especie	$R_0$	$T$	$r_m$	$\lambda$	$Dt$	Referencia
<i>Phytoseiulus persimilis</i>	33.48	11.83	0.296	1.345	--	Moghadasi <i>et al.</i> (2016) <sup>1</sup>
<i>Cynodromus picanus</i>	25.41	12.46	0.250	1.29	--	Rioja y Vargas (2009) <sup>2</sup>
<i>Neoseiulus californicus</i>	31.64	14.54	0.237	1.268	1.27	Maroufpoor <i>et al.</i> (2016) <sup>3</sup>
<i>Galendromus occidentalis</i>	16.25	14.62	0.190	1.20	--	Rioja y Vargas (2009) <sup>4</sup>
<i>Euseius finlandicus</i>	18.01	17.52	0.165	--	4.20	Kasap (2009) <sup>5</sup>
<i>Amblyseius swirskii</i>	19.71	19.00	0.158	--	--	Nguyen <i>et al.</i> (2012) <sup>6</sup>
<i>Amblyseius largoensis</i>	12.59	19.95	0.127	--	--	Carrillo y Peña (2013) <sup>7</sup>

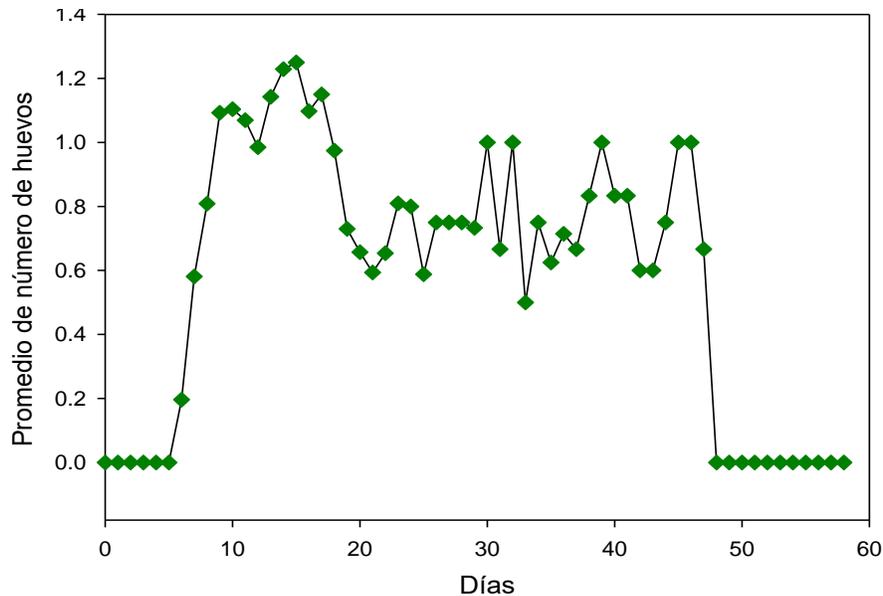
Dietas suministradas: <sup>1</sup>*Tetranychus urticae* Koch, <sup>2,4</sup>*Oligonychus yothersi* (McGregor), <sup>3</sup>*Panonychus ulmi* (Koch), <sup>5</sup>*T. urticae* y polen de abedul (*Betula pendula* Roth), <sup>6</sup>Polen de cola de gato (*Typha latifolia* L.) y <sup>7</sup>*Raoiella indica* Hirst.

El valor de  $\lambda$  de este estudio y el de las especies mencionadas en el Cuadro 10 es similar al de algunas especies de ácaros plaga en la familia Tetranychidae. La tasa finita de incremento coincide

con lo encontrado por Helle y Sabelis (1985), quienes mencionan que los ácaros fitoseidos tienen la capacidad de multiplicarse diariamente por un factor que fluctúa entre 1.1 y 1.45. Es por ello que los ácaros fitoseidos tienen la capacidad de responder al incremento de forma paralela de las poblaciones de los tetraníquidos.

La curva de la tasa de natalidad por edad específica ( $m_x$ ) de hembras de *G. pilosus* (Figura 16) indica que la producción de huevos de las hembras sobrevivientes en cada día se presentó a partir de los 8 y hasta los 20 días de la edad adulta de las hembras. Este dato ayuda a predecir la natalidad de hembras producidas en una unidad de tiempo por cada hembra sobreviviente. Se observó una disminución con el transcurso de la edad, aunque las hembras que sobrevivieron al final ya no ovipositaron durante los últimos 12 días de vida.

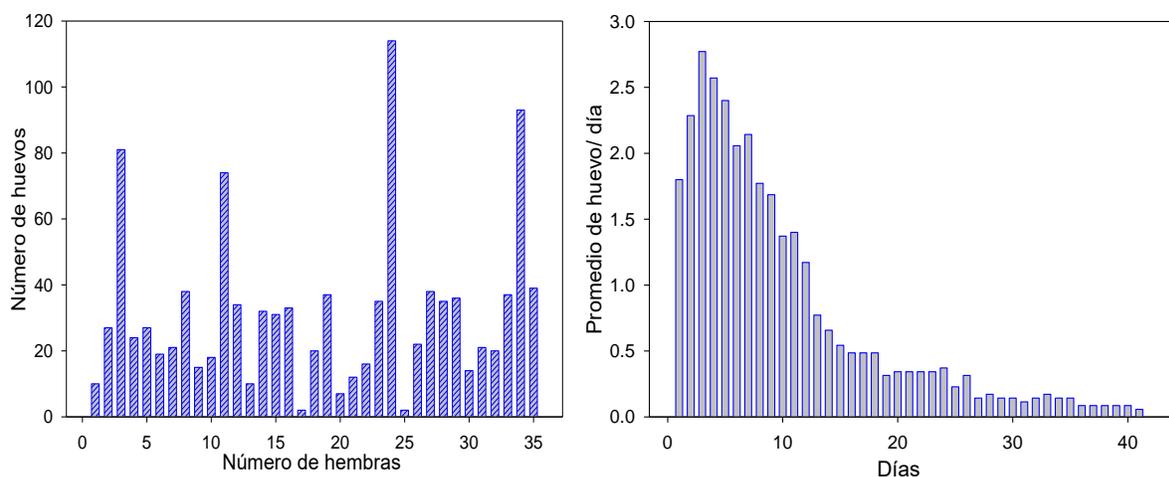
El mayor promedio de huevos producidos por día se pudo observar entre los primeros 12 días de oviposición de las hembras (Figura 17). Conforme las hembras se van haciendo más viejas, la oviposición va decreciendo hasta que dejan de reproducirse poco antes de morir. Las hembras colocaron en promedio 21.0 huevos durante los primeros 10 días de su periodo de oviposición (2.09 huevos día<sup>-1</sup>).



**Figura 16.** Curva de descendencia por hembra ( $m_x$ ) de *Galendromus pilosus* alimentado con *Tetranychus merganser*.

Ganjisaffar y Perring (2017) obtuvieron 19.9 huevos durante el periodo de oviposición de 12.5 días con hembras de *G. flumenis*. Caceres y Childers (1991) reportaron 2.25 huevos día<sup>-1</sup> por hembra

de *Galendromus helveolus* alimentada con *T. urticae* a 25 °C y 76% de humedad relativa, durante los primeros 12 días de oviposición. Mesa *et al.* (1988) obtuvieron 1.53 huevos día<sup>-1</sup> por cada hembra de *G. annectens* alimentada de *T. urticae*, y 2.2 huevos día<sup>-1</sup> alimentadas con *M. progresivus* a 25 °C. Muma (1970) menciona que *G. floridanus* deposita un promedio de 26.2 huevos por hembra, cuando se le alimenta con *P. ulmi*.



**Figura 17.** Número de huevos puesto por cada hembra de *Galendromus pilosus* y promedio de huevos por hembra por día.

La dieta que se le suministró a las diferentes especies del género *Galendromus* en los estudios antes mencionados, reflejó el promedio de huevos puestos por hembra por día. Durante este estudio se observó que las hembras tenían preferencia por consumir huevos y ninfas de *T. merganser*. Los adultos fueron la opción menos preferida. Guanilo y Martínez (2009) también observaron la preferencia de *Amblyseius chungas* Denmark & Muma por estadios ninfales de *P. citri* en altas densidades; esto puede estar relacionado con el nivel de saciedad del depredador. Así mismo, Pruszyński y Cone (1973) reportaron que las hembras de *T. occidentalis* tienen preferencia por huevos y ninfas de *T. urticae*. Estos hábitos alimenticios se vieron reflejados en el aumento en la producción de huevos del depredador, posiblemente por ser el huevo, el alimento más completo para el proceso de ovogénesis.

## 2.4 Conclusiones

*G. pilosus* se alimenta de todos los estadios de desarrollo de *T. merganser* sobre papayo, aunque prefiere los huevos, larvas y ninfas. Los adultos machos jóvenes fueron el estadio con más susceptibilidad a sufrir mortalidad, debido a que fallecieron al intentar salir de las arenas en búsqueda de nuevas hembras.

Los parámetros reproductivos evaluados ( $r_m$ ,  $R_0$  y T) indican que *G. pilosus* cuenta con el potencial para ser un agente de control biológico de *T. merganser* en papayo. Sin embargo, son valores menores a los reportados con otros ácaros fitoseidos comerciales y con los de *G. occidentalis* y *G. helveolus*, considerados buenos depredadores de algunas especies plaga.

## 2.5. Literatura Citada

- Abato-Zarate, M., J. A. Villanueva-Jiménez, G. Otero-Colina, C. Ávila-Reséndiz, E. Hernández-Castro, y N. Reyes-Pérez. 2014. Acarofauna associated to papaya orchards in Veracruz, México. *Acta Zool. Mex.* 30: 595-609.
- Aguilar, H., y L. A. Salas. 1989. Biología y tabla de vida de *Typhlodromus pilosus* Chant (Acari: Phytoseiidae) en Costa Rica. *Turrialba* 39: 162-169.
- Badii, M., J. Landeros, y E. Cerna. 2010. Regulación poblacional de ácaros plaga de impacto agrícola. *Daena: Intl. J. Good Consc.* 5: 270-302.
- Caceres, S., and C. C. Childers. 1991. Biology and life tables of *Galendromus helveolus* (Acari: Phytoseiidae) on Florida citrus. *Environ. Entomol.* 20: 224-229.
- Carrillo, D., and J. E. Peña. 2013. Potential of Florida populations of *Amblyseius largoensis* (Acari: Phytoseiidae) as biological control agents of the invasive species *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae). *Integrated Control of Plant-Feeding Mites. IOBC-WPRS Bull.* 93: 21-30.
- Chant, D. A. 1959. Phytoseiid mites (Acarina: Phytoseiidae). Part II. A Taxonomic Review of the Family Phytoseiidae, with Descriptions of 38 New Species. *Can. Entomol.* 91(Suppl. 12): 45-164.
- Chant, D. A., and J. A. McMurtry. 2007. *Illustrated Keys and Diagnoses for the Genera and Subgenera of the Phytoseiidae of the World (Acari: Mesostigmata)*. Indira Publishing House, West Bloomfield. 220 p.
- Deevey, E. S. 1947. Life tables for natural populations of animals. *Quart. Rev. Biol.* 22: 283-314.
- Ganjisaffar, F., and T. M. Perring. 2017. A life table analysis to evaluate biological control of banks grass mite using the predatory mite, *Galendromus flumenis* (Acari: Phytoseiidae). *Syst. Appl. Acarol.* 22: 7-13.

- Guanilo, A. D., y N. Martínez. 2009. Biología y comportamiento de *Amblyseius chungas* Denmark & Muma (Acari: Phytoseiidae) como predador de *Panonychus citri* (McGregor) (Acari: Tetranychidae). Ecol. Aplic. 8: 15-25.
- Helle, W., and M. W. Sabelis. 1985. Spider Mites, Their Biology, Natural Enemies and Control. Vol. 1. Elsevier Science Publishers B. V. Amsterdam, Netherlands. pp. 35-41.
- Hernández O., E. 1994. Tablas de vida y respuesta funcional de *Euseius hibisci* (Chant) sobre *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Phytoseiidae, Tetranychidae). Tesis de Maestría. Colegio de Posgraduados Campus Montecillo Programa en Entomología y Acarología, Montecillo Texcoco, México. 91 p.
- Houck, M. A. 1994. Adaptation and transition into parasitism from commensalism: A phoretic model. In: Houck, M. A. (ed.) Mites: Ecological and Evolutionary Analyses of Life-History Patterns. Springer, Boston. pp. 252-281.
- Hoy, M. A. 2011. Agricultural Acarology. 12. Introduction to Integrated Mite Management. University of Florida, Gainesville, USA. 430 p.
- LEA (Departamento de Entomologia e Acarologia). 2018. Phytoseiidae Database. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Brazil. Accesible en: <http://www.lea.esalq.usp.br/newphytoseiidae/web/busca/especie/detalhe/galendromus-galendromus-pilosus-chant-1959>. (Consulta: marzo 2018).
- López B., E. 2014. Incidencia de daño y estrategias de control de *Tetranychus merganser* en el cultivo de papaya (*Carica papaya* L.). Tesis de Maestría. Colegio de Posgraduados Campus Montecillo Programa en Fitosanidad Entomología y Acarología, Montecillo, Texcoco, Edo. de México. 63 p.
- Maroufpoor, M., Y. Ghoosta, A. A. Pourmirza, and H. Lotfalizadeh. 2016. The effects of selected acaricides on life table parameters of the predatory mite, *Neoseiulus californicus* fed on European red mite. NW J. Zool. 12: 1-7.
- McMurtry, J. A. and B.A. Croft. 1997. Life- styles of phytoseiid mites and their roles in biological control. Annu. Rev. Entomol. 42: 291-321.
- Mesa C., N. C., A. C., Belloti., y M. C., Duque. 1988. Ciclo de vida y tasa de incremento natural de *Galendromus annectens*, *Neoseiulus idaeus* y *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae). Rev. Colomb. Entomol. 14: 41-49.
- Moghadasi, M., H. Allahyari, A. Saboori, and A. Zahedi G. 2016. Life table ad predation capacity of *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot (Acari: Phytoseiidae) feeding on *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) on rose. J. Agr. Sci. Tech. 18: 1279- 1288.
- Muma, M. H. 1970. Natural control potential of *Galendromus floridanus* (Acarina: Phytoseiidae) on Tetranychidae on Florida citrus tres. Fla. Entomol. 53: 79- 88.

- Nguyen, D. T., D. Vangansbeke, X. Lu, and P. De Clercq. 2012. Development and reproduction of the predatory mite *Amblyseius swirskiion* artificial diets. *BioControl* 58: 369-377.
- Otero-Colina, G., M. Abato-Zárate, y J. A. Villanueva-Jiménez. 2015. Ácaros Asociados al Cultivo de Papayo en México. Ed. Colegio de Postgraduados, Colección Biblioteca Básica de Agricultura. México. 90 p.
- Pérez M., I., y V. S. Marco M. 2011. Importancia y uso de los ácaros fitoseidos (Acari, Phytoseiidae) en el manejo agroecológico de plagas. In: Aragón, G. A., D. Jiménez G., y M. Huerta L. (eds.). Manejo Agroecológico de Sistemas Vol. II. Publicación especial de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Puebla, México. pp. 69-92.
- Pruszyński, S., and W. W. Cone. 1973. Biological observations of *Typhlodromus occidentalis* (Acarina: Phytoseiidae) on hops. *Ann. Ent. Soc. Am.* 66: 47-51.
- Reuveny, H., E. Palevsky, and U. Gerson. 1996. Laboratory life history studies of the predaceous mite *Typhlodromus athiasae* (Acari: Phytoseiidae). *Syst. Appl. Acarol.* 1: 45-53.
- Reyes P., N. 2012. Implementación del control Biológico de *Tetranychus merganser* Boudreaux, ácaro plaga del papayo en Veracruz. Tesis de Doctorado. Colegio de Posgraduados Campus Veracruz Programa en Agroecosistemas Tropicales, Manlio Fabio Altamirano Veracruz, México. 85 p.
- Reyes-Pérez, N., J. A. Villanueva-Jiménez, M. C. Vargas-Mendoza, H. Cabrera-Mireles, y G. Otero-Colina. 2013. Parámetros poblacionales de *Tetranychus merganser* Boudreaux (Acari: Tetranychidae) en papayo (*Carica papaya* L.) a diferentes temperaturas. *Agrociencia* 47: 147-157.
- Rioja, T., and R. Vargas M. 2009. Life table parameters and consumption rate of *Cydnodromus picanus* Ragusa, *Amblyseius gaminis* Chant, and *Galendromus occidentalis* (Nesbitt) on avocado red mite *Oligonychus yothersi* (McGregor) (Acari:Phytoseiidae, Tetranychidae). *Chil. J. Agric. Res.* 69: 160- 170.
- Salas A., M. D., y E. Salazar- Solís. 2003. Importancia del uso adecuado de agentes de control biológico. *Acta Univ.* 13: 29-35.
- Tello M., V., R. Briceño V., y P. Castillo M. 2011. Parámetros biológicos de *Proprioseiopsis iorgius* sobre *Tetranychus desertorum* (Acari: Phytoseiidae, Tetranychidae). *Rev. Colomb. Entomol.* 37: 62-66.
- Vera G., J., V. M. Pinto. J. López C. y R. Reyna R. 2002. Ecología de Poblaciones de Insectos. 2da edición. Ed. Colegio de Postgraduados. Carretera México- Texcoco Km 36.5, Montecillo, 56230, Edo. de México, México. 146 p.
- Walter, D. E., and G. W. Krantz. 2009. 7. Collecting, rearing and preparing specimens. In: Krantz, G. W., and D. E. Walter (eds.). *A Manual of Acarology*. 3rd ed. Texas Tech University Press. 807 p.

## CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

Como hipótesis general se propuso que *G. pilosus* tiene los atributos para ser un buen agente de control biológico para disminuir las poblaciones de *Tetranychus merganser*, ácaro que ocasiona daño sobre la calidad del fruto de papayo en la zona Central Costera de Veracruz. De acuerdo a los resultados obtenidos, la evaluación de los atributos de *G. pilosus* demuestran que son los necesarios para combatir las poblaciones de *T. merganser* y así disminuir los daños ocasionados sobre la calidad del fruto. Por lo que la hipótesis general no se rechaza.

En el caso de la hipótesis particular uno, la percepción de los productores acerca del daño de *T. merganser* en la calidad del fruto de papaya, es menor que aquella ocasionada por el ácaro durante la producción del cultivo. De acuerdo a los resultados obtenidos en la evaluación en campo, la percepción de los productores hacia el daño que causa *T. merganser* sobre la calidad del fruto es mínima, por lo que no genera un problema para que el fruto pueda comercializarse. Sin embargo, la percepción que tienen los productores sobre el daño que ocasiona durante el desarrollo del cultivo es mayor; debido a que los ácaros ocasionan distintos problemas, tales como la defoliación de la planta, deformación a las hojas y pérdida de vigor, provocando pérdidas en la producción de frutos, por lo que la hipótesis no se rechaza.

En la hipótesis particular dos, el ciclo de vida, la supervivencia y la fecundidad de *G. pilosus* alimentado en laboratorio sobre *T. merganser*, permiten suponer que cuenta con los atributos necesarios para ser un buen agente de control biológico. En la evaluación de los parámetros reproductivos se obtuvo una  $r_m$  de 0.14, una  $R_0$  de 8.89 y un T de 15.72, que adicionado al tiempo de desarrollo de huevo a adulto de  $6.08 \pm 0.74$  días, indican que *G. pilosus* cuenta con el potencial para ser un agente de control biológico sobre *T. merganser* en papayo. Por lo tanto, la hipótesis no se rechaza.

## CONCLUSIONES GENERALES

Los productores de papayo (*Carica papaya* L.) de la zona Central Costera de Veracruz perciben que el mayor daño que ocasionan los ácaros sobre la calidad del fruto resulta de su actividad durante el desarrollo de la planta, lo que afecta el rendimiento del cultivo; los daños a la planta son el amarillamiento de las hojas y la defoliación, lo que afecta de forma indirecta la calidad del fruto. Los productores opinan que la antracnosis y otros hongos son el problema principal que disminuye la calidad de frutos; al contar con la presencia de estos patógenos, los frutos no son aceptados por los intermediarios, lo que impide su comercialización. Por ello, los papayeros consideran que es importante invertir en el control de enfermedades fúngicas durante la cosecha y poscosecha. Sin embargo, varios productores toman la decisión de abandonar el cultivo de papayo, a la vez que optan por cultivos que generen mayores ganancias con menor inversión.

Bajo condiciones de laboratorio (temperatura  $26 \pm 2$  °C, humedad relativa  $70 \pm 10$  % y fotoperiodo 12:12 h luz: oscuridad), *Galendromus pilosus* es un ácaro depredador que tiene preferencia por los huevos, larvas y ninfas del ácaro fitófago *Tetranychus merganser*. El tiempo de desarrollo de *G. pilosus* de huevo a adulto fue de  $6.08 \pm 0.74$  días; la curva de supervivencia indicó una mortalidad que inicia a partir de la edad adulta; la oviposición de las hembras fue de 2.09 huevos día<sup>-1</sup>. La tasa intrínseca de crecimiento ( $r_m$ ) de *G. pilosus* al depredar los diferentes estadios de *T. merganser*, alimentado en hojas de papayo, fue de 0.14. Esto indica que *G. pilosus* cuenta con el potencial para ser un agente de control biológico que deprede *T. merganser* en papayo.

## ANEXOS

### Anexo 1. Cuestionario a Productores de Papayo Respecto a la Percepción de los Daños en Fruto y Manejo de Ácaros.

#### Datos del productor

Nombre: _____	Edad: _____
Escolaridad: _____	
Actividad principal: _____	
¿Cuánto tiempo tiene realizando dicha actividad? _____	
¿Pertenece a alguna asociación de productores? Si: _____ No: _____	
En caso de contestar si, ¿Cuál o cuáles?: _____	

#### Información del cultivo

Ubicación del predio: Comunidad: _____	Municipio: _____		
LN: _____	LS: _____		
Variedad: _____	Extensión: _____		
Fecha de siembra: _____	Rendimiento: corte _____ ha: _____		
Sistema de riego: Goteo: _____	Rodado: _____	Temporal: _____	Combinado: _____
Mercado destinado: Local: _____	Regional: _____	Nacional: _____	Exportación: _____
En caso de ser nacional/exportación a donde va dirigido: _____			
¿Cuáles son los principales problemas del cultivo? a) _____, b) _____,			
c) _____, d) _____, e) _____			

Para la comercialización de su producto, ¿Qué características físicas debe tener el fruto en general? _____
_____
¿Qué consistencia debe tener el fruto? _____
¿Qué defectos en cuanto a la forma del fruto no son permitidos para su comercialización? _____
_____
¿El comprador solicita un calibre (peso) específico del fruto? Si: __ No: __ ¿Cuál? _____
¿Con que grado de madurez ustedes comercializan el fruto? _____
¿Qué defectos del exocarpo no permiten que el fruto se comercialice? _____
_____

#### Percepción de daños en fruto y manejo de ácaros

## Calidad del fruto

Mencione cuáles son los daños más importantes que afectan la calidad del fruto y que lo ocasiona: a) \_\_\_\_\_ b) \_\_\_\_\_ c) \_\_\_\_\_ d) \_\_\_\_\_

En que época se presentan con más frecuencia los daños mencionados anteriormente \_\_\_\_\_

¿Considera que dichos daños afectan la comercialización de su producto? Si: \_\_\_\_ No: \_\_\_\_

De los daños anteriores ¿Cuál considera más importante? \_\_\_\_\_

¿Considera que ese daño ocasiona pérdida de su producto? Si: \_\_\_\_ No: \_\_\_\_

Aproximadamente ¿Cuánta merma genera en toneladas por año? \_\_\_\_\_

¿Conoce a los ácaros? \_\_\_\_\_

¿En qué época del año considera que hay mayor presencia de ácaros en su cultivo? \_\_\_\_\_

¿Reconoce el daño que ocasionan los ácaros a su cultivo? \_\_\_\_\_

¿Qué acciones utiliza para el manejo de ácaros? a) \_\_\_\_\_ b) \_\_\_\_\_ c) \_\_\_\_\_

¿Qué acaricidas utiliza? a) \_\_\_\_\_ b) \_\_\_\_\_ c) \_\_\_\_\_ d) \_\_\_\_\_

¿Recibe alguna asesoría para su control? No: \_\_\_\_ Si: \_\_\_\_

Tipo de asesoría: Compañía de agroquímicos: \_\_\_\_ SAGARPA: \_\_\_\_ INIFAP: \_\_\_\_ Privado: \_\_\_\_

Institución educativa (indique): \_\_\_\_\_ Otro(indique): \_\_\_\_\_

En caso de no recibir asesoría ¿Cómo decide qué dosis aplicar? \_\_\_\_\_

¿Con qué frecuencia aplica acaricidas a su cultivo? \_\_\_\_\_

¿Qué tan efectivos son los acaricidas que aplica? Muy efectivo: \_\_ efectivo: \_\_ poco efectivo: \_\_\_\_ No sirve: \_\_\_\_

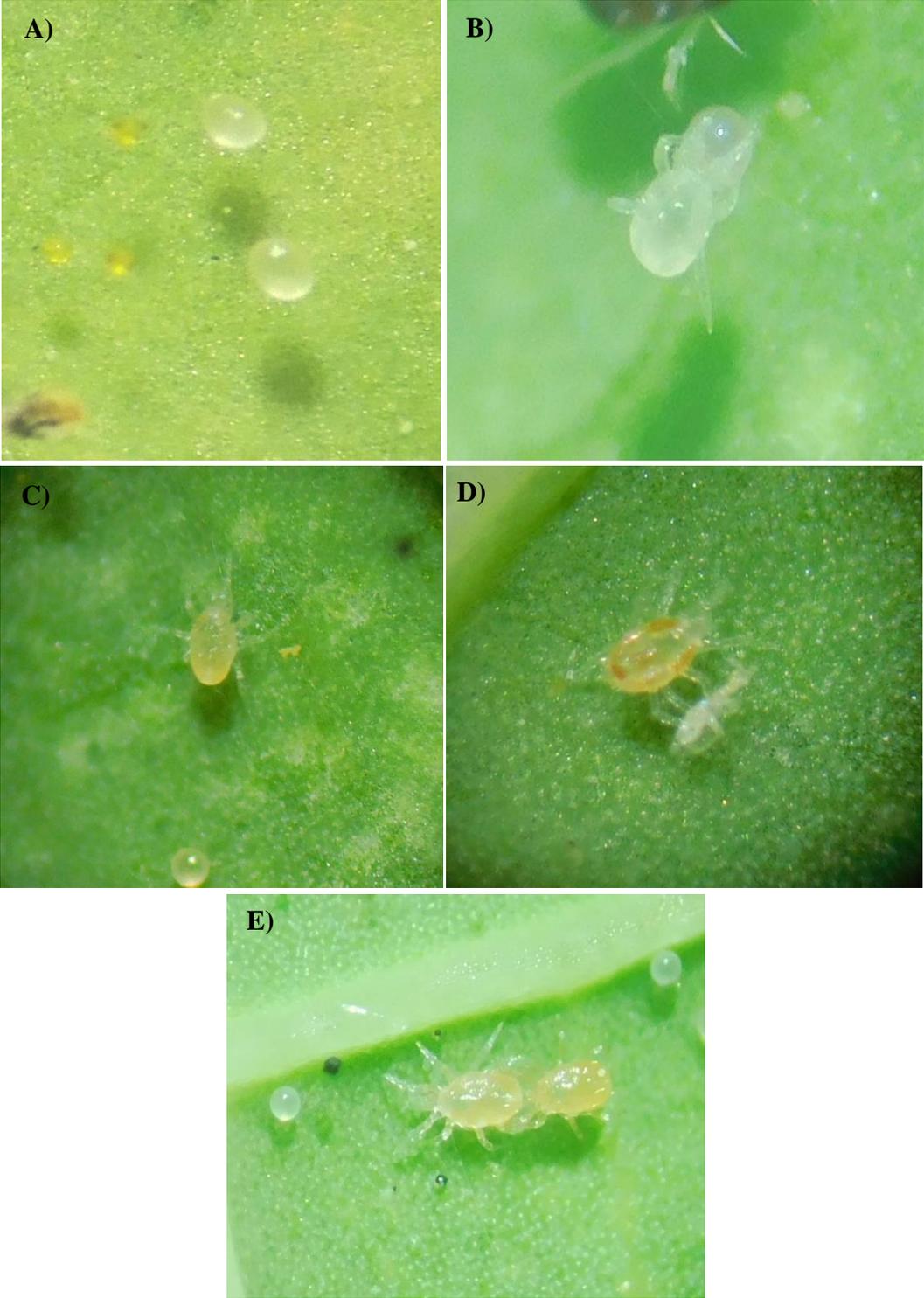
¿Conoce algún otro tipo de manejo de ácaros? No: \_\_\_\_ Si: \_\_\_\_ ¿Cuál? \_\_\_\_\_

¿Considera que es importante mantener controlada la presencia de ácaros en su cultivo? \_\_\_\_

¿Por qué? \_\_\_\_\_

¿Los daños que ocasionan los ácaros disminuyen el precio de su producto? \_\_ ¿Cuánto? \_\_\_\_

**Anexo 2. Ciclo biológico de *Galendromus pilosus* A) Huevos, B) Larva, C) Protoninfa, D) Deutoninfa y E) Adultos.**



**Anexo 3. *Galendromus pilosus* depredando a *Tetranychus merganser*.**



**Anexo 4. Daños físicos que afectan la calidad del fruto de papayo A) Daños por ácaros, B) Deformación del fruto, C) Daños por viento y D) Daños por virus de la mancha anular del papayo.**

