



COLEGIO DE POSTGRADUADOS
INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS VERACRUZ

POSTGRADO EN AGROECOSISTEMAS TROPICALES

**IMPLEMENTACIÓN DEL CONTROL BIOLÓGICO DE *Tetranychus merganser*
BOUDREAUX, ÁCARO PLAGA DEL PAPAYO EN VERACRUZ, MÉXICO**

NOEL REYES PÉREZ

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE

DOCTOR EN CIENCIAS

TEPETATES, MANLIO F. ALTAMIRANO, VERACRUZ

2012

La presente tesis titulada: **Implementación del Control Biológico de *Tetranychus merganser* Boudreaux, Ácaro Plaga del Papayo en Veracruz, México**, realizada por el alumno: **Noel Reyes Pérez**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

DOCTOR EN CIENCIAS

AGROECOSISTEMAS TROPICALES

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO:


DR. JUAN ANTONIO VILLANUEVA JIMÉNEZ

ASESOR:


DR. GABRIEL OTERO COLINA

ASESOR:


DRA. MÓNICA DE LA CRUZ VARGAS MENDOZA

ASESOR:


DR. HÉCTOR CABRERA MIRELES

ASESOR:


DR. DIEGO ESTEBAN PLATAS ROSADO

Tepetates, Manlio F. Altamirano, Veracruz, 20 de agosto de 2012.

IMPLEMENTACIÓN DEL CONTROL BIOLÓGICO DE *Tetranychus merganser*
BOUDREAUX, ÁCARO PLAGA DEL PAPAYO EN VERACRUZ, MÉXICO

Noel Reyes Pérez, Dr.

Colegio de Postgraduados, 2012

El presente trabajo evaluó la factibilidad técnica y económica de la implementación del control biológico de ácaros plaga de papayo en la zona productora del Centro de Veracruz. Se colectó *Tetranychus merganser* Boudreaux en Manlio F. Altamirano, Ver. Se incrementó sobre frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en invernadero. Se estimaron los parámetros poblacionales a cohortes de *T. merganser* a 19, 23, 27, 31, 33 y 35 °C y del ácaro depredador *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot (comercial: Koppert de México, S.A.) a 27 °C en todos los casos sobre hojas de papayo, a 60 (± 2)% HR y 14:10 h luz: oscuridad. *T. merganser* presentó valores máximos de tasa neta reproductiva ($R_0 = 62.38$) y de tasa intrínseca de crecimiento poblacional ($r_m = 0.21$) a 23 y 27 °C, que permiten su mejor desarrollo sobre papaya y comportarse como plaga. Los parámetros de *P. persimilis* a 27 °C fueron: $R_0 = 4.06$ y $r_m = 0.01$, por lo que su población no progresa alimentado exclusivamente de *T. merganser* sobre papayo. Pruebas de sus preferencias alimenticias mostraron que prefiere huevos. Se indica que *P. persimilis* podría aplicarse de manera inundativa para el control de *T. merganser*. Un proyecto de reproducción masiva de ácaros depredadores es económicamente viable si la eficiencia de producción es 80% y el costo de producto similar a un plaguicida. 61.4% de los productores están dispuestos a utilizar el control biológico de ácaros si garantiza efectividad y costo similar a plaguicidas usados. Este producto no permite grandes periodos de almacenamiento, por lo que el éxito de la empresa dependerá de la producción programada y la coordinación con asociaciones de productores.

Palabras clave: *Tetranychidae*, *Carica papaya*, *Phytoseiulus persimilis*, viabilidad económica.

IMPLEMENTATION OF THE BIOLOGICAL CONTROL OF *Tetranychus merganser*
BOUDREAUX, PAPAYA PEST MITE IN VERACRUZ, MEXICO

Noel Reyes Pérez, Dr.

Colegio de Postgraduados, 2012

The aim of this work was to evaluate the technical and economic feasibility of implementing biological control of papaya pest mites in the production area of Central Veracruz. *T. merganser* was collected in Manlio F. Altamirano, Veracruz and reared on beans (*Phaseolus vulgaris* L.) in a greenhouse. Population increase parameters were estimated to cohorts of *T. merganser* at 19, 23, 27, 31, 33 and 35 °C and the predatory mite *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot at 27 °C, all on papaya leaves, at 60(±2)% R.H. and 14:10 h light: darkness. *T. merganser* presented maximum net reproductive rate ($R_0 = 62.38$) and intrinsic population growth rate values ($r_m = 0.21$) at 23 and 27 °C, allowing its best development on papaya and behave as a pest. Population parameters of *P. persimilis* (commercial: Koppert de México, S.A.) at 27 °C were: $R_0 = 4.06$ and $r_m = 0.01$, therefore, predator population in papaya does not recover when fed exclusively on *T. merganser*. Predator feeding preference test showed that preferring eggs. Although *P. persimilis* could use in inundative applications for *T. merganser* control. In a massive reproduction project, the internal rate of return (IRR), the net present value (NPV) and the benefit/cost ratio (B/C) were calculated in a five year period. The project is economically feasible based on a production efficiency of 80% and a final product cost similar to a pesticide in use. 61.4% of growers surveyed are willing to use mites as biological control agents if effectiveness is guaranteed and the cost is similar to the use of pesticides. This product cannot be stored very long, thus business success will depend on programmed production and coordination with growers associations.

Key words: Tetranychidae, *Carica papaya*, *Phytoseiulus persimilis*, economic feasibility.

AGRADECIMIENTOS

Al CONACYT por la beca otorgada.

Al Colegio de Postgraduados por el financiamiento facilitado para la realización de la presente investigación, a través del “Fideicomiso Revocable de la Administración e Inversión No. 167304, para el Establecimiento y Operación de los Fondos para la Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico del Centro Público Colegio de Postgraduados” Financiamiento a Proyectos de Investigación de Tesis 2009.

Al INIFAP-CIRGOC, Campo Experimental Cotaxtla y al Colegio de Postgraduados Campus Veracruz, por facilitar equipo e instalaciones.

A mi consejo particular: Dr. Juan Antonio Villanueva Jiménez, Dr. Gabriel Otero Colina, Dra. Mónica de la Cruz Vargas Mendoza, Dr. Diego Esteban Platas Rosado y Dr. Héctor Cabrera Mireles, tanto por la asesoría de la presente investigación como por ser ejemplo de ética y honestidad, por su guía, tanto en el ámbito académico como en el personal.

Al Consejo Estatal de Productores de Papayo de Veracruz A. C., por la información facilitada.

Al Colegio Preparatorio Diurno Xalapa, por las facilidades en tiempo.

A Marycruz Abato Zárate, por ese apoyo “a mano vuelta” en todas las fases de la investigación.

A mi suegra Paula Zárate Bailón, por el invaluable apoyo de cuidar lo más preciado que tenemos y darme ese tiempo para este sueño.

A Rosaura José Pablo, por la ayuda en la “talacha” más minuciosa.

A Ana Lilia Montero Morales, por el facilitar el trabajo en el laboratorio INIFAP-Cotaxtla.

A Wilfrido Méndez, Jair Canela, Wilber Pérez y Lorena Aguilar, por su apoyo en el trabajo de laboratorio e invernadero.

A los productores Gerardo Basurto, Javier Gutiérrez, Polín Parra, por la información y tiempo proporcionado, que fue más allá de los números.

A mis compañeros y profesores de los cursos de posgrado, por todo lo aprendido y disfrutado.

A los administrativos y trabajadores del Campus por su apoyo, gracias.

A Dios, por no dejarme caer, por mandarme las razones para hacer las cosas y la ayuda en forma de ángeles terrenales, por ponerme en el lugar y en el momento adecuado. Gracias por todo.

DEDICATORIA

A Noemí, la razón de mi vida, la mejor de mis tesis, luz de mis ojos, de mi ciencia y mi consciencia, por el tiempo que me prestaste para hacer esto y por la esperanza que me provocas.

A Marycruz, porque me guías y me haces la vida más hermosa, porque contigo soy mejor persona, porque me has dado lo más preciado de mi vida.

A mi papá, porque me enseñaste a amar la agricultura y porque cada vez me parezco más a ti; más de lo que te imaginas, menos de lo que yo quisiera.

A mi mamá, porque te llevo en cada emoción y en el amor que profeso.

A mis hermanas Herlinda y Verónica, mujeres de mi admiración, mis ejemplos de fuerza, entereza, indomabilidad y perseverancia. Por estar siempre ahí.

A mis sobrinos Gael y Erik, en ustedes encuentro la esperanza del futuro.

Al resto de mi enorme familia. A mi tía Cristina, a mi cuñados Carlos Francisco, Juan Carlos, Carmen, Marco, a mis sobrinos políticos. A mis amigos de toda la vida.

A mis alumnos de tantas generaciones, porque me pagan lo poco que les enseño, enseñándome alegría.

A mis compañeros de generación: Magda, Vero, Erick, Ricardo, Alín, Gerardo. A mis demás compañeros de cursos: Lupita Arcos, Ricardo Cerna, Víctor Hugo, Karla, Flor, Maribel, Bernardino, Carolina, Manuel Mena, Lluvia, Lupita, Rafaela, Amparo, Iván, Gervasio, Pablo, Israel y Chalate.

Al equipo fitosanitario que encabeza el Dr. Villanueva (Lore, Rosi, Jair, Wilber, Cano, y los que se sumaron), por hacer mi estancia muy agradable.

A mi Consejo Particular y demás profesores del Campus Veracruz, siempre un ejemplo a seguir.

A los Drs. Daniel Téliz Ortiz y Nahum Marbán Mendoza, por creer en mí cuando hasta yo dudaba.

A todos aquellos que siempre me han echado porras en los momentos más difíciles. ¡Va por todos!

IMPLEMENTACIÓN DEL CONTROL BIOLÓGICO DE *Tetranychus merganser*
BOUDREAX, ÁCARO PLAGA DEL PAPAYO EN VERACRUZ, MÉXICO

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN GENERAL.....	1
1. Planteamiento del Problema	3
2. Hipótesis.....	4
2.1. Hipótesis General.....	4
2.2. Hipótesis Específicas.....	4
3. Objetivos.....	4
3.1 Objetivo General.....	4
3.2. Objetivos Específicos.....	5
4. Revisión de Literatura.....	5
4.1. Ácaros Plaga en Papayo.....	5
4.1.1. Ácaros del papayo de importancia internacional.....	6
4.1.2. Ácaros del papayo en México.....	6
4.1.3. Ácaros del papayo en Veracruz.....	7
4.2. <i>Tetranychus merganser</i>	8
4.3. El Control Biológico como Eje del Manejo Integrado de Plagas.....	10
4.4. Control Biológico de Ácaros Plaga en Agroecosistemas con base en Papayo.....	10
4.4.1. Acaropatógenos.....	11
4.4.2. Depredadores.....	12
4.4.3. <i>Phytoseiulus persimilis</i> como controlador de ácaros plaga.....	14
4.5. Evaluación de Organismos de Control Biológico.....	16
4.6. Tablas de Vida y Parámetros Poblacionales.....	16

4.7. El Control Biológico como Actividad Productiva Empresarial.....	17
4.7.1. Producción masiva de ácaros depredadores.....	18
4.7.2. Entorno técnico-biológico.....	18
4.7.3. Entorno socio-económico.....	19
5. Literatura Citada.....	28
CAPÍTULO I. TEMPERATURA Y PARÁMETROS POBLACIONALES DE <i>Tetranychus</i> <i>merganser</i> BOUDREAUX (ACARI: TETRANYCHIDAE) EN PAPAYO (<i>Carica papaya</i> L.). A DIFERENTES TEMPERATURAS.....	28
Resumen.....	28
Abstract.....	29
1.1. Introducción.....	29
1.2. Materiales y Métodos.....	31
1.3. Resultados y Discusión.....	32
1.4. Conclusiones.....	40
1.5. Agradecimientos.....	40
1.6. Literatura Citada.....	40
CAPÍTULO II. DEPREDACIÓN DE <i>Tetranychus merganser</i> BOUDREAUX (ACARI: TETRANYCHIDAE) POR <i>Phytoseiulus persimilis</i> ATHIAS-HENRIOT (ACARI: PHYTOSEIIDAE) EN PAPAYO (<i>Carica papaya</i> L.).....	43
Resumen.....	43
Abstract.....	44
2.1. Introducción.....	45
2.2. Materiales y Métodos.....	47

2.2.1. Determinación de parámetros poblacionales.....	47
2.2.2. Determinación de preferencia alimenticia.....	48
2.2.3. Determinación del tiempo de alimentación.....	49
2.2.4. Análisis de datos.....	50
2.3. Resultados y Discusión.....	50
2.3.1. Parámetros poblacionales.....	50
2.3.2. Preferencia alimenticia.....	52
2.3.3. Tiempos de alimentación.....	54
2.4. Conclusiones.....	55
2.5. Literatura Citada.....	55
CAPÍTULO III. PROPUESTA de un centro de reproducción de ácaros depredadores para el control de ácaros plaga DEL papayo.....	58
Resumen.....	58
Abstract.....	59
.	
3.1. Introducción.....	60
3.2. Materiales y Métodos.....	62
3.2.1. Rentabilidad Financiera.....	62
3.2.2. Estudio de mercado.....	63
3.2.3. Estudio de la competencia.....	64
3.3. Resultados y Discusión.....	64
3.3.1. Rentabilidad financiera.....	64
3.3.2. Estudios de mercado.....	67

3.4. Conclusiones.....	74
3.5. Literatura Citada.....	74
CONCLUSIONES GENERALES.....	77
ANEXOS.....	80
Anexo A. Resúmenes de las tablas de vida de <i>Tetranychus merganser</i> a diferentes temperaturas sobre papayo.....	80
Anexo B. Resumen de la tabla de vida de <i>Phytoseiulus persimilis</i> a 27 °C alimentado con <i>Tetranychus merganser</i> sobre hojas de papayo.....	82
Anexo C. Instrumento de investigación del tamaño de mercado de un producto biocontrolador de ácaros plaga de papayo en Veracruz.....	83
Anexo D. Instrumento de investigación aplicado a casas distribuidoras de agroquímicos en diferentes municipios de la zona productora de papaya en Veracruz.....	85

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1.1.	Duración en días de las diferentes fases de desarrollo de <i>T. merganser</i> sobre papayo (<i>C. papaya</i>) a diferentes temperaturas con H.R $60 \pm 2\%$ y fotoperiodo 14:10 h luz: oscuridad. Diferentes letras en la misma columna indican que existe diferencia significativa (Tukey $P \leq 0.05$).....	34
Cuadro 1.2.	Promedio de duración de la oviposición y total de huevos depositados por <i>T. merganser</i> a diferentes temperaturas, alimentado de <i>C. papaya</i> . Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas (Kruskal-Wallis, $P < 0.05$).....	36
Cuadro 1.3.	Parámetros poblacionales de <i>T. merganser</i> sobre hojas de papayo (<i>C. papaya</i>) a diferentes temperaturas y H.R $60 \pm 2\%$ y fotoperiodo 14: 10 h luz: oscuridad.....	37
Cuadro 2.1.	Duración en días de las diferentes fases de desarrollo de <i>P. persimilis</i> alimentado con <i>T. merganser</i> sobre papayo a 27°C , 60% HR y fotoperiodo 14:10 h luz: oscuridad.....	51
Cuadro 3.1.	Costos variables y fijos de la producción masiva de ácaros depredadores para el control de ácaros plagas de papayo en un horizonte de cinco años en Veracruz, México.....	65
Cuadro 3.2.	Indicadores de factibilidad económica de la producción masiva de ácaros depredadores para el control de ácaros plaga de papayo en Veracruz, México.....	66
Cuadro 3.3.	Costo total de producción, de control de plagas y de aplicación de acaricidas por tipo de productor en papayo en el Centro de Veracruz.....	72

LISTA DE FIGURAS

Figura I.1	Hembra adulta de <i>T. merganser</i> sobre hoja de papayo.....	9
Figura I.2	Hembra adulta de <i>P. persimilis</i> alimentándose de una ninfa de <i>T. merganser</i>	15
Figura 1. 1	Curvas de supervivencia de <i>T. merganser</i> sobre papayo a diferentes temperaturas, con humedad relativa de 60% y 14 horas luz, 10 oscuridad.....	33
Figura 1. 2	Inversos (1/X) de R_0 , T, r_m , lambda y Dt de <i>T. merganser</i> a diferentes temperaturas con HR de 60 (± 2)% y fotoperiodo 14:10 h luz: oscuridad.....	39
Figura 2. 1	Curva de supervivencia de <i>P. persimilis</i> alimentado con <i>T. merganser</i> sobre papayo a 27 °C, 80% HR y fotoperiodo de 14:10 h luz: oscuridad.....	52
Figura 2. 2	Consumo de <i>P. persimilis</i> sobre diferentes estados de desarrollo de <i>T. merganser</i> alimentado en papayo, expresado en número de individuos consumidos o muertos. Las barras representan un nivel de confianza de 95%	53

LISTA DE ABREVIATURAS

Siglas	Significado
B/C	Beneficio/Costo
EUA	Estados Unidos de América
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Organization
INIFAP	Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias
MIP	Manejo integrado de plagas
NAPPO	North American Plant Protection Organization
PRSV-P	Papaya ringspot virus type P
SAGAR	Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural, actualmente SAGARPA
SAGARPA	Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación
SAS	Statistical Analysis System
SIAP	Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera
TIR	Tasa interna de rentabilidad
VAN	Valor actual neto

INTRODUCCIÓN GENERAL

El papayo es un producto agrícola cuyo volumen de consumo y exportaciones ha tenido una tendencia al alza a nivel mundial en años recientes, donde México resaltó como el quinto productor a nivel mundial durante el año 2010, sólo después de la India, Brasil, Nigeria e Indonesia. Además, México destacó como el primer exportador durante 2009, llevando a mercados exteriores 134 960 t (FAO, 2012). El frutal se siembra en 20 estados de la República, donde Oaxaca, Chiapas y Veracruz aportan 52% de la producción nacional (616 215 t) (SIAP, 2012).

Los cambios técnico-productivos de este cultivo, ocurridos en las últimas dos décadas en el país, son remarcables, aunque no han alcanzado a la totalidad de los productores. Con la llegada de la variedad Maradol, altamente productiva y muy aceptada en el mercado, ha pasado de ser un cultivo minifundista de poco uso de insumos a uno tecnificado intensivo, de considerables insumos y mayores extensiones de tierra (Villanueva, 2007). Al convertirse en cultivo intensivo, se ha incrementado su susceptibilidad a diversas plagas, lo que lo ha hecho depender de los productos agroquímicos para mantener a dichas plagas en niveles aceptables. Gran parte de los costos de producción son utilizados en el control de plagas (Guillén-Sánchez, 2000).

La dependencia de plaguicidas químicos termina por producir resistencia a ellos por parte de las plagas. Al haber una pérdida de efectividad de los productos, se incrementa la dosis, resurgen las plagas secundarias y se incrementan los costos de producción, con lo que llega un punto en que el cultivo resulta no redituable (Van Driesche *et al.*, 2007).

Actualmente los mercados, sobre todo los internacionales, exigen bajos niveles de residuos de plaguicidas e incluso productos libres de plaguicidas. El manejo integrado de plagas tiene como eje de sus acciones al control biológico (Rodríguez-del-Bosque y Arredondo-Bernal, 2007) y se ofrece como una posibilidad de lograr la productividad sin los efectos causados por el uso exclusivo de plaguicidas. Es decir, el control biológico de ácaros plaga en papayo puede minimizar la dependencia de los acaricidas que existe actualmente en este cultivo y favorecer el manejo integrado del mismo.

En el estado de Veracruz, se ha determinado recientemente la acarofauna presente en el cultivo de papayo, con cuatro especies de ácaros tetraníquidos como plaga y dos especies de fitoseidos como depredadores (Abato, 2011). De los primeros, *Tetranychus merganser* Boudreaux presenta un amplio potencial de comportarse como plaga de importancia económica (Ullah *et al.*, 2010). Aunque las especies depredadoras presentes en papayo ejercen cierto control sobre las especies plaga (Abato, 2011), este control parece ser insuficiente. El control biológico con ácaros depredadores de ácaros plaga ha demostrado su efectividad en otros cultivos y tiene muchas posibilidades en el papayo.

Actualmente todos los ácaros depredadores que se utilizan en la agricultura en México son importados. *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot es el ácaro depredador importado en mayor cantidad (SAGARPA, 2011), debido a su efectividad sobre diferentes tetraníquidos, especialmente *Tetranychus urticae* Koch (Hoque *et al.*, 2008). Para poder ofrecer estos organismos como un producto competitivo con los plaguicidas utilizados en el control de ácaros plaga en papayo, es necesario producirlos de manera masiva y en condiciones que garanticen su efectividad. Debido a que estos organismos soportan un periodo muy corto de almacenamiento y

su aplicación es en un estado de desarrollo específico, su producción debe ser programada de acuerdo a las necesidades que se prevean en campo. Por lo anterior debe existir coordinación entre quien produce el control biológico y quienes lo van a adquirir, para lograr un proceso de aplicación efectivo. Por ello, es necesario conocer la actitud de los productores ante esta alternativa de control.

1. Planteamiento del Problema

El papayo es uno de los cultivos más rentables y Veracruz es el estado con la mayor superficie sembrada en México, con 3971 ha aunque su rendimiento promedio es de los más bajos del país (26.15 t ha^{-1}) (SIAP, 2012). Las plagas limitan la productividad del cultivo, dentro de las cuales los ácaros han adquirido mayor importancia (Guillén-Sánchez, 2000). El control de los ácaros en papayo en México se ha basado exclusivamente en la aplicación de acaricidas. El uso desproporcionado de productos químicos contra organismos como los ácaros propicia el desequilibrio de los agroecosistemas, la aparición de plagas secundarias y el desarrollo acelerado de mecanismos de resistencia por parte de las plagas (Van Driesche *et al.*, 2007). Por lo anterior es necesario implementar alternativas de control de los ácaros plaga en papayo. El control biológico se ofrece como un método amigable con el ambiente y que funciona como eje del manejo integrado de plagas (MIP). El MIP ha mostrado su eficiencia al integrar métodos de control compatibles que aporten estabilidad en el sistema. Porcuna (2007) afirma que la producción integrada es un paso a la sustentabilidad; sin embargo, el control biológico debe implementarse tomando en cuenta no sólo el entorno físico-biológico sino también el socio-económico (Mirabal, 2003).

2. Hipótesis

2.1. Hipótesis General

Es biológica y económicamente factible la implementación del control biológico de ácaros plaga de papayo en la zona productora del Centro del estado de Veracruz.

2.2. Hipótesis Específicas

- Las condiciones ambientales de la zona productora de papayo en el estado de Veracruz favorecen que *Tetranychus merganser* Boudreaux se desarrolle como ácaro plaga en papayo.
- *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot es un depredador que puede ser utilizado en el control biológico de *T. merganser* en papayo.
- La instalación de un centro de reproducción de ácaros depredadores para el control de ácaros plaga en la zona productora de papayo del estado de Veracruz es técnica y económicamente viable.

3. Objetivos

3.1 Objetivo General

Evaluar la factibilidad técnica y económica de la implementación del control biológico de ácaros plaga de papayo en la zona productora del Centro de Veracruz, mediante el uso del ácaro depredador *P. persimilis*.

3.2. Objetivos Específicos

- Determinar la influencia de un intervalo de temperaturas prevalecientes en la zona productora de papayo de Veracruz, sobre los parámetros poblacionales y duración de los estados de desarrollo del ácaro fitófago *T. merganser* en laboratorio.
- Evaluar el potencial de *P. persimilis* en el control biológico de *T. merganser* sobre papayo a nivel laboratorio.
- Evaluar la viabilidad técnica y económica del establecimiento de un centro de reproducción de ácaros depredadores para el control biológico de ácaros plaga de papayo en el Centro de Veracruz.

4. Revisión de Literatura

4.1. Ácaros Plaga en Papayo

Los ácaros son las plagas más importantes de las plantas cultivadas después de los insectos (Mirabal, 2003). El caso de papayo no es la excepción. El principal daño que causan se da por la inserción de los estiletes a la epidermis y por la succión de los contenidos celulares en las hojas. Se presenta una deformación foliar y caída de hojas que disminuye la capacidad fotosintética de la planta, haciéndola menos productiva. La falta de follaje también repercute en daños por sol; es decir, quemaduras en el fruto. En infestaciones fuertes, llegan a invadir los frutos, lo que les produce manchas y cicatrices que demeritan su apariencia.

4.1.1. Ácaros del papayo de importancia internacional

Los ácaros que se consideran plagas del papayo a nivel internacional pertenecen a tres familias: Eriophyidae, Tarsonemidae y Tetranychidae. De la primera se menciona a *Callacarus citrifolii* Keifer (De la Torre, 2005) y *C. flagelliseta* Fletchmann, De Moraes y Barbosa (González *et al.*, 2007). De la familia Tarsonemidae se indica a *Polyphagotarsonemus latus* (Banks) (De la Torre *et al.*, 2005; Peña *et al.*, 2005); este ácaro ataca la parte apical del árbol y en infestaciones severas disminuye el crecimiento, al igual que la producción.

De la familia Tetranychidae se reconoce internacionalmente como plagas del papayo a *Tetranychus kanzawai* Kishida, *T. cinnabarinus* Boisduval, *T. urticae* Koch, *Panonychus citri* McGregor, *Eutetranychus orientalis* Klein (Lu y Wang, 2005), *T. mexicanus* McGregor (De la Torre *et al.*, 2005); *Eutetranychus banksi* McGregor, *T. rusti* McGregor (González y Fechtmann, 1977); *Oligonychus yothersi* McGregor, *T. evansi* Baker, *T. lambi* Pritchard y Baker, *T. lombardini* Baker y Pritchard, *T. neocaledonicus* André y *T. truncatus* Ehara (McMurtry, 1985a; Doreste, 1988; Pantoja *et al.*, 2002). La mayoría de las especies de *Tetranychus*, así como *P. latus*, se consideran plagas de importancia en papayo (Peña *et al.*, 2005). Los tetraníquidos se alimentan en hojas maduras, las cuales se tornan amarillentas por el haz y plateadas por el envés, y posteriormente se vuelven necróticas hasta llegar a su caída prematura, lo que afecta la fotosíntesis e incrementa los daños por sol al fruto, al reducirse la sombra (Collier *et al.*, 2004).

4.1.2. Ácaros del papayo en México

Los registros de la mayoría de los ácaros que se mencionan en papayo en otros países no coinciden con los encontrados por diversos investigadores en México. De la familia Eriophyidae,

Valencia-Domínguez *et al.* (2011) mencionan a *C. citrifolii* en Yucatán, y Abato (2011) menciona a esta especie en Veracruz. En cuanto a la familia Tarsonemidae, *P. latus* (Banks) ha sido mencionada en diferentes manuales y folletos, pero no ha podido ser confirmada por acarólogos en el presente siglo. Abato (2011) no la encontró en papayo en Veracruz.

Los tetraníquidos que se sabe se alimentan de papayo en México son: *Oligonychus yothersi* McGregor (Estébanes-González y Baker, 1968), *Eutetranychus banksi* McGregor (García, 1981), *Panonychus citri* McGregor (García, 1981); del género *Tetranychus*: *T. cinnabarinus* Boisduval, *T. gloveri* Banks, *T. ludeni* Zacher, *T. mexicanus* McGregor, *T. desertorum* Banks, *T. kansawai* Kishida, *T. marianae* McGregor, *T. urticae* Koch y *T. merganser* Boudreaux (Estébanes-González y Baker, 1968; García, 1981; Deloya y Valenzuela, 1999). Reséndiz y Fausto-Moya (2010) reportan a *T. urticae* y *T. cinnabarinus* en Colima. De manera más reciente, Valencia-Domínguez *et al.* (2011) registran en Yucatán a los tetraníquidos *E. banksi* y *T. merganser*, donde afirma que este último es el más dañino en la entidad.

4.1.3. Ácaros del papayo en Veracruz

De los Santos *et al.* (2000), en el “Manual para la producción de Papaya en Veracruz”, mencionan al tarsonémido *P. latus* y al tetraníquido *Tetranychus cinnabarinus*; al primero le llaman ácaro blanco y arañita roja al segundo, ambos reconocidos como de importancia económica. Sin embargo, Abato (2011), mediante un muestreo intensivo, determinó la acarofauna presente en la zona productora del centro del estado de Veracruz, donde no encontró a ninguna de las especies citadas por dichos autores. Para el caso de los ácaros de la familia Eriophyidae, Abato (2011) registra por primera vez a *C. citrifolli* como un ácaro errante en papayo, sin

aparente daño atribuible. En cuanto a los tetraníquidos, ella indica la presencia de las arañas rojas *T. merganser*, *T. urticae*, *Eotetranychus lewisi* y *Eutetranychus banksi*.

4.2. *Tetranychus merganser*

T. merganser Boudreaux (Acari: Tetranychidae) fue separado de las especies *T. tumidus* Banks y *T. atlanticus* McGregor por Boudreaux (1954) basado en diferencias de la espina empodial media y la forma del edeago, que en el caso de *T. merganser* tiene forma de cabeza de ganso. El primer espécimen descrito fue colectado en *Ligustrum vulgare* L., en el estado de Louisiana, EUA. Posteriormente se le encontró en el noroeste y centro de México sobre ayohuiztle o mala mujer (*Solanum rostratum* Dunal) (Tuttle *et al.*, 1974), tomatillo o tabaco cimarrón (*Solanum nigrum* L.) (Tuttle *et al.*, 1976), papayo (*Carica papaya* L.), chile (*Capsicum annuum* L.), tomatillo (*Solanum nigrum* L.) (Estébanes-González y Rodríguez-Navarro, 1991), cacahuete (*Arachis hipogaea* L.), cempazúchil (*Tagetes erecta* L.) (Rodríguez, 1999), nopal (*Opuntia ficus-indica* L.) (Lomelí-Flores *et al.*, 2008) y en calabaza (*Cucurbita maxima* L.) en México (Ullah *et al.*, 2010). A nivel internacional, Ullah *et al.* (2010) indican que este ácaro ha sido detectado en pepino (*Cucumis sativus* L.) exportado de EUA a Japón.

Los géneros pertenecientes a la subfamilia Tetranychinae (familia Tetranychidae), como es el caso de *Tetranychus*, se caracterizan por producir mucha telaraña mediante las glándulas ubicadas en los tarsos de los pedipalpos. La mayoría de los tetraníquidos son arrenotokos, por lo que hembras no fecundadas producen machos haploides, con los que pueden aparearse para producir hembras diploides (Hoy, 2011). Sin embargo, los tetraníquidos tienen suficiente

variabilidad genética que les permite adaptarse rápidamente a nuevos ambientes (Helle y Sabelis, 1985). La apariencia física de *T. merganser* se puede observar en la Figura I.1.



Figura I.1. Hembra adulta de *T. merganser* sobre hoja de papayo

Existe poca información en cuanto a la biología de *T. merganser*. Recientemente Ullah *et al.* (2010) lo obtuvieron de calabaza (*Cucurbita maxima* L.), y estudiaron su desarrollo sobre frijol (*Phaseolus vulgaris* L.); encontraron que esta especie completa satisfactoriamente su desarrollo entre 15 y 35 °C; su desarrollo óptimo se presenta a 25 °C, temperatura a la que se puede comportar como plaga. Determinaron su rango de supervivencia entre 12.5 y 37.5 °C. Su máxima oviposición fue de 146 huevos por hembra a 30 °C, de los cuales hubo una eclosión de 99.3%, la supervivencia promedio fue de 97.4% y de éstos el 84.2% fueron hembras. Concluyeron que *T. merganser* tiene la capacidad para establecerse en las condiciones mencionadas.

4.2. El Control Biológico como Eje del Manejo Integrado de Plagas

Anualmente se aplican miles de toneladas de productos agroquímicos en los cultivos de todo el mundo para combatir a las principales plagas. Estos productos permiten mantener la agricultura productiva; sin embargo, su uso excesivo ocasiona desequilibrios importantes en los agroecosistemas (Infante, 2008), como contaminación ambiental, daño a otros organismos (incluido el ser humano), resistencia, resurgimiento de plagas y brotes de plagas secundarias, entre otros (Barrera *et al.*, 2008). Por ello son necesarias formas de control más seguras que sustituyan paulatinamente al control químico o minimicen su uso (Infante, 2008). En las últimas dos décadas el control biológico de organismos nocivos ha renovado su interés debido a razones económicas, ambientales y de salud humana (Rodríguez-del-Bosque y Arredondo-Bernal, 2007).

Tanto el MIP como la agricultura sostenible comparten la meta de desarrollar sistemas agrícolas con bases ecológicas y económicas. El MIP es considerado un componente clave en los sistemas de agricultura sostenible (Rodríguez, 2008) e incluye como una de sus tácticas al control biológico. Por ser de menor impacto económico, ambiental y a la salud humana, debe considerarse como pilar y eje del desarrollo y aplicación de un manejo más racional de plagas (Rodríguez-del-Bosque y Arredondo-Bernal, 2007).

4.4. Control Biológico de Ácaros Plaga en Agroecosistemas con base en Papayo

No se han utilizado los ácaros depredadores para el control de ácaros plaga de papayo en México, tampoco se conoce su efectividad. En los muestreos realizados por Abato (2011) y Valencia-

Domínguez *et al.* (2011) en Veracruz y Yucatán, respectivamente, se encontraron especies de ácaros depredadores de la familia Phytoseiidae asociadas a las poblaciones de ácaros plaga en papayo.

Por su parte, Collier *et al.* (2004) encontraron a *Neoseiulus idaeus* Denmark & Muma coincidiendo en abundancia y tiempo con los ácaros plaga *T. urticae* y *P. latus* en papaya en Brasil. Consideran que este ácaro puede ser un buen candidato al control de dichas plagas.

4.4.1. Acaropatógenos

En el control biológico de ácaros plaga también se pueden usar organismos que les causan enfermedades, como son los hongos. El género más conocido es *Hirsutella* (Mirabal, 2003); éste es un hongo imperfecto o deuteromiceto, del orden Sphaeriales. Las especies parásitas de artrópodos se caracterizan por producir abundantes esporas; al entrar en contacto con el hospedante éstas forman abundante micelio que penetra su cuerpo. Una vez muerto el hospedante, se convierte en fuente de inóculo del hongo (Alexopoulos y Mims, 1985). Sin embargo, esta forma de control no ha sido muy utilizada debido a su baja efectividad, ya que los hongos requieren altas humedades relativas y los ácaros prosperan en condiciones más secas (Mirabal, 2003). Cabrera *et al.* (2005) encuentran que *H. nodulosa* Petch causa hasta 71% de mortalidad en el tarsonémido *Steneotarsonemus spinki* Smiley en arroz. En México se ha encontrado a *H. thompsonii* Fisher sobre los ácaros fitoparásitos *T. urticae* Koch, *Aceria guerreronis* Keifer, *Phyllocoptruta oleivora* Ashmead y *Brevipalpus phoenicis* Geijkes en cítricos. De las variedades *tompsonii* y *sinematosa* presentes, *H. thompsonii* var. *sinematosa* fue la que se encontró parasitando a los tetraníquidos (Rosas-Acevedo y San Pedro-Rosas, 2006).

Butt *et al.* (2001) mencionan que un factor en contra del control con hongos patógenos se presenta cuando las altas humedades permiten el crecimiento de saprofitos.

4.4.2. Depredadores

El estudio de los ácaros depredadores como controladores de plagas empezó en la década de 1950. A finales de la década de 1960 e inicios de la de 1970 comenzó su aplicación comercial (Mirabal, 2003). Alrededor de 27 familias de ácaros depredan a otros invertebrados, pero solamente ocho son importantes en control biológico: Phytoseiidae, Stigmaeidae, Anystidae, Bdellidae, Cheyletidae, Hemisarcoptidae, Laelapidae y Macrochelidae (Van Driesche *et al.*, 2007). De éstas, la familia Phytoseiidae ha recibido mayor atención por su gran número de especies exitosas en el control biológico.

De manera específica, en Veracruz Abato (2011) encontró a los fitoseidos *Galendromus helveolus* (Chant) y *Euseius hibisci* (Chant) sobre papaya.

McMurtry y Croft (1997) clasifican a géneros y especies de la familia Phytoseiidae respecto a su potencial como agentes de control biológico, ellos afirman que los tipos I y II, especialistas en depredar tetraníquidos fitófagos, son los mejores para ser empleados en programas de control biológico de ácaros plaga. Además, consideran a las especies del género *Euseius* como especialistas en polen y depredadores generalistas (tipo IV). *Euseius hibisci* está presente en aguacate y cítricos en California, EUA, y se alimenta de ácaros y polen. Es el principal factor de control de *Eotetranychus sexmaculatus* (Riley) en huertas de aguacate libres de la aplicación de plaguicidas o en combinación con acaricidas selectivos. También es importante en el control de

Oligonychus punicae (Hirst) (Childers y Denmark, 2011). Se conocen dos picos de abundancia de *E. hibisci* durante el año, aunque el de primavera se relaciona con la presencia de polen de aguacate, por lo que posiblemente en este periodo dependa más del polen que del consumo de presas (McMurtry y Croft, 1997). Este ácaro también se alimenta de *Panonychus citri* (McGregor) y nuevamente se le ha encontrado sobre árboles asperjados con acaricidas selectivos (McMurtry, 1985b). En este caso, su baja efectividad de control se debe a que presenta baja tasa de reproducción, vive disgregado y es incapaz de atrapar ácaros que forman telaraña (McMurtry, 1985a). En cítricos, *E. hibisci* es importante en la supresión poblacional de *Panonychus ulmi* Koch durante la primavera; en esta época del año posee una ventaja numérica comparado con la población de la presa, debido a la disponibilidad de polen (Helle y Sabelis, 1985). Algo similar ocurre en el verano en las zonas costeras; sin embargo, en el otoño muestra una baja respuesta numérica a las poblaciones de *P. ulmi*. Este fitoseido es importante en el control de trips sobre cítricos (Tanigoshi, 1982; Grout y Richards, 1992).

Galendromus helveolus es un fitoseido presente en cítricos y vid (Childers y Denmark, 2011), y se le ha encontrado atacando a *Oligonychus perseae* en aguacate (Takano-Lee y Hoddle, 2002). McMurtry y Croft (1997) consideran a este género como de tipo II, depredadores selectivos de tetraníquidos que producen telaraña densa. Chen *et al.* (2006) mencionan que este depredador no muestra preferencia por los huevos, pero sí por los demás estados de desarrollo de *T. urticae*. Las sedas dorsales largas que caracterizan a *Galendromus* se presume que le ayudan a moverse entre la telaraña con mayor facilidad; además este ácaro está presente en Texas, EUA, en casi todos los meses del año (Chen *et al.*, 2006).

4.4.3. *Phytoseiulus persimilis* como controlador de ácaros plaga

Phytoseiulus persimilis (tipo I) es el mejor representante de la familia Phytoseiidae y ha sido la especie más empleada en programas de control biológico en invernaderos; únicamente cumple su desarrollo cuando se alimenta de ácaros de la subfamilia Tetranychinae, aunque se puede alimentar de trips en estados inmaduros o puede llegar a alimentarse de su propia especie si no hay presas disponibles (Weeden *et al.*, 2010). De manera extraordinaria, Rojas y Morales-Ramos (2008) lo encontraron alimentándose de néctar extrafloral en frijol lima (*Phaseolus lunatus* L.), además de depredar a *T. urticae*. Skirvin y Fenlon (2003) afirman que temperaturas por encima de 25 °C y altas humedades no permiten el eficiente desarrollo de este ácaro.

Phytoseiulus persimilis presenta una gran capacidad de búsqueda de su presa en plantas frondosas y tiene comportamiento de agregación cuando existe poco follaje; muestra tendencia a sobrevivir y permanecer sobre la planta aunque sólo existan pequeños agregados de su presa, lo que refleja su coevolución con estas especies (McMurtry y Croft, 1997), tal y como lo mencionan Vanas *et al.* (2006). Nachappa *et al.* (2006) observaron que durante la alimentación de los tetraníquidos, las plantas emiten sustancias volátiles que son percibidas por este fitoseido. *Phytoseiulus persimilis* tiene la capacidad de romper la telaraña con los quelíceros y los palpos, aunque esto representa un serio obstáculo para su alimentación (Shimoda *et al.*, 2009).

Debido a su importancia económica, *T. urticae* es la especie plaga sobre la que más se ha evaluado a *P. persimilis*, y en la que se desarrolla mostrando los más altos parámetros poblacionales (Hoque *et al.*, 2008). Otras especies plaga que son controladas eficientemente por *P. persimilis* son *T. cinnabarinus* (Tello *et al.*, 2009), *T. lintearius* (Davis *et al.*, 2009) y *T. evansi*

(Escudero y Ferragut, 2005). En la Figura I.2. se puede observar la apariencia física de *P. persimilis*.



Figura I.2. Hembra adulta de *P. persimilis* alimentándose de una ninfa de *T. merganser* en papayo.

En España *P. persimilis* forma parte del complejo que controla a *T. urticae* sobre naranja Clementina (*Citrus reticulata* Blanco), donde interactúa con *Euseius stipulatus* (Athis-Henriot) y *Neoseiulus californicus* (McGregor), aunque debido a la superioridad numérica de *E. stipulatus* se vio afectado el control efectuado por *P. persimilis*, por lo que Abad-Moyano *et al.* (2010) recomiendan su uso por separado.

4.5. Evaluación de Organismos de Control Biológico

Para garantizar el éxito en el sistema de manejo, se debe evaluar la efectividad de un organismo controlador de la población de una especie plaga. El método de evaluación depende de características propias de los organismos, como son su movilidad y hábitos de alimentación. Un grupo de métodos son los comparativos; indican qué tan efectivo es el organismo controlador. Los modelos poblacionales y las tablas de vida describen qué tan efectivos son los biocontroladores (Badii *et al.*, 2004), y crean un marco de referencia cuantitativo para prever las consecuencias potenciales de las interacciones entre organismos; sin embargo, no demuestran la eficiencia de los organismos biocontroladores (González-Hernández y Pacheco-Sánchez, 2007).

4.6. Tablas de Vida y Parámetros Poblacionales

Las tablas de vida son inventarios que ofrecen información importante de la supervivencia y la mortalidad de los individuos de una población (Vera *et al.*, 2002). Pearl (1928) representó gráficamente las tablas de vida a través de las curvas de supervivencia y las clasificó en cuatro tipos: tipo I, son poblaciones en que hay poca o ninguna pérdida de individuos hasta que la población tiene un descenso precipitado; tipo II, existe gran pérdida de individuos en las primeras etapas de desarrollo y pocos llegan a las edades avanzadas, disminuyendo paulatinamente; tipo III, la tasa de mortalidad es constante; tipo IV, la tasa de mortalidad fluctúa durante la existencia de la población.

A partir de las tablas de vida se pueden obtener parámetros poblacionales, como la tasa neta reproductiva (R_0), que es el número de veces que una población puede multiplicarse durante una

generación; la tasa finita de crecimiento (λ), que es el número de veces que la población puede multiplicarse por unidad de tiempo; y la tasa intrínseca de crecimiento (r_m), que es el antilogaritmo de la tasa finita de crecimiento (Hoque *et al.*, 2008), la cual expresa la proporción porcentual a la que crece la población por unidad de tiempo (Vera *et al.*, 2002). Estos parámetros permiten comparar la forma en que dos o más poblaciones responden a un factor ambiental (Vargas *et al.*, 2005).

4.7. El Control Biológico como Actividad Productiva Empresarial

La proporción de superficie agrícola que emplea el control biológico de plagas en México es muy pequeña. Los programas de inocuidad alimentaria del gobierno ubican al control biológico como base del manejo de plagas. Además, cada vez más productores conocen los beneficios de su uso. López-Arroyo *et al.* (2007) perciben un aumento en el uso del control biológico, lo que hace necesaria la producción masiva de organismos biocontroladores.

Actualmente existen 58 laboratorios autorizados para la producción de organismos de control biológico en México que producen entomopatógenos e insectos depredadores; sin embargo, ninguno reproduce ácaros depredadores (SAGARPA, 2011). La demanda principal de ácaros depredadores la ejerce la agricultura protegida, la cual es abastecida por un número reducido de empresas importadoras (SAGARPA, 2010).

4.7.1. Producción masiva de ácaros depredadores

La producción de un organismo de control biológico requiere de instalaciones adecuadas, como lo especifica la NAPPO (North American Plant Protection Organization) (NAPPO, 2004), además de procesos de manejo meticulosos que incluyen el transporte y la aplicación (SAGAR, 1999). El evaluar la viabilidad de proyectos de centros de reproducción de ácaros depredadores en zonas productoras específicas da pie a su potencial establecimiento. La SAGARPA los denomina Laboratorios Reproductores de Agentes de Control Biológico.

4.7.2. Entorno técnico-biológico

Actualmente se importa la totalidad de los ácaros depredadores que se utilizan en México. No existen laboratorios establecidos y registrados ante SAGARPA con la capacidad de producir masivamente ácaros depredadores para ser usados de manera amplia.

Una de las condiciones técnicas más importantes para la producción masiva de ácaros depredadores es el ambiente con temperatura y humedad controladas (la cría de la presa requiere de 25 a 29 °C, en tanto la del depredador de 22 a 25 °C) (SAGAR, 1999). En el estado de Veracruz, gran parte del año la temperatura supera los 27 °C durante el día, lo que propicia que sea aún mayor en los invernaderos. Esta situación se ha logrado mitigar en parte con nuevos materiales utilizados en la agricultura protegida. Sin embargo, no es suficiente para lograr una producción continua, e implica el uso de climas artificiales y un gasto excesivo de energía eléctrica.

Para establecer la cría de un fitoseido como *P. persimilis*, es necesario considerar la duración del cultivo del que se alimentará el tetraníquido que servirá como presa, así como los ciclos de vida de ambos ácaros (SAGAR, 1999). Para obtener fitoseidos con fines experimentales, Scriven y McMurtry (1971) recomiendan la cría en cilindros rotativos en laboratorio. Cuando la intención es proteger grandes extensiones, recomiendan su cría directa en invernadero. Para ello se deben tener al menos dos naves, ya que en una se tendrá la cría del fitoseido y en otra se cultivarán las plantas que servirán de alimento a los tetraníquidos. Estas plantas cultivadas libres de cualquier parásito y de residuos de plaguicidas, son infestadas con tetraníquidos al presentar sus primeras hojas verdaderas. Al obtener 100 tetraníquidos por foliolo, se introducen las hembras del fitoseido para que se alimenten y reproduzcan. Los fitoseidos se obtienen mediante lavado con un detergente, se contabilizan y envasan. Aunque en el método de Scriven y McMurtry (1971) recomiendan frijol lima (*Phaseolus lunatus* L.), se debe buscar la planta a nivel local que proporcione los mejores resultados (SAGAR, 1999).

4.7.3. Entorno socio-económico

Guillén-Sánchez (2000) describe al cultivo de papayo como redituable, con gran inversión por parte del productor y fuente de al menos 200 jornales por hectárea. Sin embargo, también lo considera un cultivo susceptible de ser mermado por diferentes factores, entre ellos las plagas. Guzmán *et al.* (2008) afirman que el desarrollo sostenible del cultivo tiene ante sí grandes retos, como la adopción y mejoramiento de tecnologías para minimizar el uso de agroquímicos y mejorar la vida de anaquel, entre otros.

La adopción de una tecnología puede llevar mucho tiempo; sin embargo, en el papayo, Hernández-Castro *et al.* (2008) encontraron grupos de productores que a pesar de contar con pequeñas superficies, bajo nivel escolar y edad avanzada, mostraron interés por la aceptación de nueva tecnología. Abato-Zárate *et al.* (2011) encontraron que la utilización del modelo de grupos de crecimiento productivo simultáneo (GCPS) permite a los productores de papayo de la región Centro de Veracruz apropiarse de nuevas tecnologías, al facilitar el aprendizaje colectivo. Es decir, es posible llevar nuevas tecnologías a estos productores.

La excesiva dependencia actual de los productores de papayo hacia los plaguicidas para el control de plagas permite vislumbrar al control biológico con ácaros depredadores como una alternativa de manejo de ácaros plaga, que aproxima al cultivo a una producción más sostenible. Sin embargo, por la naturaleza de esta forma de control, es necesario conocer más acerca de la biología de la plaga, su relación con el posible biocontrolador y aspectos económicos sobre su producción, incluyendo la actitud de los productores ante esta alternativa.

5. Literatura Citada

- Abad-Moyano, R., T. Pina, J. Pérez-Panadés, E. A. Carboneli, y A. Urbaneja. 2010. Efficacy of *Neoseiulus californicus* and *Phytoseiulus persimilis* in suppression of *Tetranychus urticae* in young clementine plants. *Experimental and Applied Acarology* 50: 317-328.
- Abato Z., M. 2011. Manejo integrado de la acarofauna del papayo y su transferencia en el estado de Veracruz. Tesis Doctoral. Colegio de Postgraduados. Campus Veracruz. Programa en Agroecosistemas Tropicales, Manlio Fabio Altamirano, Veracruz, México. 114 p.
- Abato-Zárate M., J. A. Villanueva-Jiménez, J. L., Reta-Mendiola, C. Ávila-Reséndiz, G. Otero-Colina, y E. Hernández-Castro. 2011. Simultaneous productive growth groups (SPGG): Innovation on papaya mite management. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 13: 397-407.

- Alexopoulos C. F., y C. W. Mims. 1985. Introducción a la Micología. Ediciones Omega S. A. Barcelona. 638 pp.
- Badii M. H., A. E. Flores, G. Ponce, H. Quiroz, S. J. A. García, y R. Foroughbakhch. 2004. Formas de evaluar los enemigos naturales en control biológico. CULCyT 2: 3-11.
- Barrera, J. F., J. Toledo, y F. Infante 2008. Manejo integrado de plagas: conceptos y estrategias. En: Rodríguez-del-Bosque, L. A. y H. C. Arredondo-Bernal (eds.). 2007. Teoría y aplicación del control biológico. Sociedad Mexicana de Control Biológico. México. pp. 13-33.
- Boudreaux, B. H. 1954. New species of tetranychids mites. The Pan Pacific Entomologist 30(3): 181-186.
- Butt, T. M., C. Jackson, and N. Magan. 2001. Introduction-Fungal biological control agents: progress, problems and potential. In Butt, T. M., C. Jackson, y N. Magan (eds.). Fungi as Biocontrol Agents Progress, Problems and Potential, CABI, Wallingford, Oxon. pp. 1-8.
- Cabrera R. I., A. García, G. Otero-Colina, L. Almaguel, y A. Ginarte. 2005. *Hirsutella nodulosa* y otros hongos asociados al ácaro tarsonémido del arroz *Steneotarsonemus spinki* (Acari: Tarsonemidae) en Cuba. Folia Entomológica Mexicana 44(2): 115-121.
- Chen T. Y., J. V. French, T. X. Liu, and J. V. da Graça. 2006. Predation of *Galendromus helveolus* (Acari: Phytoseiidae) on *Brevipalpus californicus* (Acari: Tenuipalpidae). Biocontrol Science and Technology 16(7): 753-759.
- Childers C. C., and H. A. Denmark. 2011. Phytoseiidae (Acari: Mesostigmata) within citrus orchards in Florida: species distribution, relative and seasonal abundance within trees, associated vines and ground cover plants. Experimental and Applied Acarology 54:331–371.
- Collier, K. F. S., J. O. G. D. Lima, and G. S., Albuquerque. 2004. Predacious-mite in papaya (*Carica papaya* L.) orchards: In search of a biological control agent of phytophagous mite pest. Neotropical Entomology 33(6): 799-803.
- Davis J. T., J. E. Ireson and G. R. Allen. 2009. Pre-adult development of *Phytoseiulus persimilis* on diets of *Tetranychus urticae* and *Tetranychus lintearius*: implications for the biological control of *Ulex europaeus*. Experimental and Applied Acarology 47:133-145.
- De la Torre S., P. E. 2005. Colectas acarológicas de la ciudad de la Habana registradas por la Sanidad Vegetal. Fitosanidad 9(1): 3-8.

- De la Torre S., P. E., F. E. Botta, y R. L. Almaguel. 2005. Colectas acarológicas realizadas por la Sanidad Vegetal en la provincia de la Habana. *Fitosanidad* 9(3): 3-12.
- De Los Santos D. L. R. F., E. N. Becerra L., R. Mósqueda V., A. Vázquez, y H., A. B. Vargas G. 2000. Manual de producción de papaya en el estado de Veracruz. INIFAP-SAGAR-Fundación Produce Veracruz. Centro de Investigaciones Agrícolas del Golfo Centro. Campo Experimental Cotaxtla. Folleto Técnico No. 17. Veracruz, México. 87 pp.
- Deloya L., A. C., y J. E. Valenzuela G. (eds.). 1999. Catálogo de Insectos y Ácaros Plaga de los Cultivos Agrícolas de México. Sociedad Mexicana de Entomología. Publicaciones especiales No. 1.
- Doreste S. E. 1988. Acarología. 2a Ed. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). San José, Costa Rica. 385 p.
- Escudero L., and A. Ferragut. 2005. Life history of predatory mites *Neoseiulus californicus* and *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae) on four spider mites species as prey, with special reference to *Tetranychus evansi* (Acari: Tetranychidae). *Biological Control* 32: 378-384.
- Estébanes-González, M. L., y E. W. Baker 1968. Las arañas rojas de México (Acarina: Tetranychidae). *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas (México)*. 15: 61-133.
- Estébanes-González, M. L., y S. I. Rodríguez-Navarro 1991. Observaciones sobre algunos ácaros de las familias Tetranychidae, Eriophyidae, Acaridae y Tarsonemidae (Acari), en hortalizas de Mexico. *Folia Entomológica Mexicana* 83: 199-212.
- FAO. 2012. FAOSTAT: Producción agrícola anual 2010. faostat.fao.org. (Consultado: 4/04/2012).
- García, M. C. 1981. Lista de insectos y ácaros perjudiciales a los cultivos en México. *Fitófilo* 86: 196 pp.
- González, G. N., M. A. Rodríguez, S. P. E. De la Torre, G. N. Lastres, M. X. García, y G. N, Ramos. 2007. Primera cita del ácaros *Calacarus flagelliseta* Fletchmann, De Moraes y Barbosa, 2001, sobre el cultivo de la papaya “Maradol Roja” en Cuba. *Boletín Sanidad Vegetal Plagas* 33: 45-51.
- González-Hernández, H. y C. Pacheco-Sánchez. 2007. Métodos de evaluación de enemigos naturales, pp. 48-60. En: Rodríguez-del-Bosque L. A. y H. C. Arredondo-Bernal (eds.).

Teoría y Aplicación del Control Biológico. Sociedad Mexicana de Control Biológico, México. 303 p.

- González R., H., y C. H. W. Fechtmann 1977. Revisión de los ácaros fitófagos en el Perú y descripción de un nuevo género de Tetranychidae (Acari). *Revista Peruana de Entomología* 20(1): 67-71.
- Grout T. G., and G. I. Richards. 1992. *Euseius adoensis* an effective predator of citrus thrips, *Scolothrips aurantii*, in the Eastern Cape Province of South Africa. *Experimental and Applied Acarology* 15: 1-13.
- Guillén-Sánchez, D. 2000. Plagas y enfermedades del papayo. En: Fuentes-Dávila G. y Castillo-Ponce G. (Eds.). *Fitosanidad de Cultivos Tropicales*. Sociedad Mexicana de Fitopatología A. C. pp. 46-53.
- Guzmán R., E., A. R. Gómez, A. A. J. Pholan, R. J. C. Álvarez., F. J. M. Pat, y V. Geissen. 2008. La producción de papayo en Tabasco y los retos de la producción sustentable. *El Cotidiano (México)* 23 (147): 99-106.
- Helle W., and M. W. Sabelis. 1985. *Spider Mites their Biology, Natural, Enemies and Control*. Vol 1B. Elsevier. Amsterdam 458 pp.
- Hernández-Castro, E., J. P. Martínez-Dávila., F. Gallardo-López, y J. A. Villanueva-Jiménez. 2008. Aceptación de nueva tecnología por productores ejidales para el manejo integrado del cultivo de papayo. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 8(3): 279-288.
- Hoque, M. F., W. Islam, and M. Khalequzzaman. 2008. Life tables of two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) and its predator *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot (Acari: Phytoseiidae). *Journal of Biological Science* 16: 1-10.
- Hoy, M. A. 2011. *Agricultural Acarology, Introduction to Integrated Mite Management*. CRS Press. USA. pp. 410.
- Infante F. 2008. Uso de parasitoides y depredadores en el manejo integrado de plagas. En: Toledo J. y F. Infante. 2008. *Manejo Integrado de Plagas*. 1a Ed. Editorial Trillas. pp. 93-104.
- Lomelí-Flores, J. R., E. Rodríguez-Leyva, G. Otero-Colina, G. Mora-Aguilera, y F. Esquivel-Chávez. 2008. Primer reporte de *Tetranychus merganser* (Acari: Tetranychidae) sobre *Opuntia ficus-indica* L. en Tlalnepantla, Morelos. En: Estrada V., E. G., A. Equihua, J. R. Padilla, y A. Mendoza. (eds.). *Entomología Mexicana* 7:21-25.

- López-Arroyo, J. I., E. Cortez-Mondaca, H. C. Arredondo-Bernal, M. Ramírez-Delgado, J. Loera-Gallardo, y M. A. Mellín-Rosas. 2007. Uso de artrópodos depredadores para el control biológico de plagas en México, pp. 90-105. En: Rodríguez-del-Bosque L. A. y H. C. Arredondo-Bernal (eds.). Teoría y Aplicación del Control Biológico. Sociedad Mexicana de Control Biológico, México. 303 p.
- Lu, C. T. and C. L. Wang. 2005. An investigation of spider mites on papaya and reevaluation of some acaricides. *Plant Protection Bulletin* 47(3): 273-279.
- McMurtry, J. A. 1985a. Avocado. In: Helle, W., Sabelis, M. W. (eds.). *Spider mites their Biology, Natural Enemies and Control*. Vol 1B. Elsevier New York, USA. pp. 327-332.
- McMurtry, J. A. 1985b. Citrus. In: Helle W. and Sabelis M. W. (eds.). 1985. *Spider Mites their Biology, Natural Enemies and Control*. New York. pp. 339-347.
- McMurtry, J. A., and B. A. Croft 1997. Life-styles of phytoseiid mites and their roles in biological control. *Annual Review of Entomology* 42:291-321.
- Mirabal, L. 2003. Los ácaros depredadores como agentes de control biológico. *Revista Protección Vegetal* 18 (3): 145-152.
- Nachappa, P., D. C. Margolies, J. R. Nechols, and T. Loughin. 2006. *Phytoseiulus persimilis* response to herbivore-induced plant volatiles as a function of mite-days. *Experimental and Applied Acarology* 40:231-239.
- NAPPO. 2004. Directrices para la construcción y operación de una instalación de contención para insectos y ácaros que se utilizan como agentes de control biológico. NRMF No. 22. North American Plant Protection Organization. 10 p.
- Pantoja A., P. A. Follet, and J. A. Villanueva-Jiménez. 2002. Pest of papaya. In: Peña, J. E., J. L. Sharp, M. Wysoki. (eds.). *Tropical Fruit Pests and Pollinators. Biology, Economic Importance, Natural Enemies and Control*. CABI Publishing. USA. pp. 131-156.
- Pearl, L. 1928. *The rate of living*. Alfred A. Knopf. The Johns Hopkins University. New York. 185 pp.
- Peña J. E., A. Pantoja, L. Osborne, R. Duncan, M. De Coss-Flores, Ch. Meister, S. Halbert, G. Evans, and A. Hammon. 2005. Homopteran and mite pests of papaya and their control. *Selected Proceedings of the Florida State Horticultural Society* 118: 221-227.

- Porcuna J., L. 2007. Producción integrada, una estrategia de tránsito hacia sistemas más sostenibles. *Ecosistemas*. XVI (1): 1-7 pp.
- Reséndiz G., B., y T. J. Fausto-Moya. 2010. Identificación de los ácaros asociados al papayo (*Carica papaya* L.). En: Sánchez G. M. C., I. J. S. Sandoval, V. E. G. Estrada (eds.). *Memorias del Primer Simposio Internacional de Acarología*. Universidad Autónoma Chapingo, México. 2-6 de Agosto. pp. 25-31.
- Rodríguez D. B., L. A. 2008. Fundamentos ecológicos del manejo integrado de plagas. En: Toledo J., y F. Infante. 2008. *Manejo Integrado de Plagas*. 1a Ed. Ed. Trillas. pp. 34-46.
- Rodríguez-del-Bosque, L. A., y H. C. Arredondo-Bernal (eds.). 2007. *Teoría y aplicación del Control Biológico*. Sociedad Mexicana de Control Biológico. México. 303 p.
- Rodríguez N., S. 1999. Ácaros. En: Deloya L., A. C., y J. E. Valenzuela G. (eds.). 1999. *Catálogo de Insectos y Ácaros Plaga de los Cultivos Agrícolas de México*. Sociedad Mexicana de Entomología. Publicaciones Especiales No. 1. Pp. 124-140.
- Rojas M., G., and J. A. Morales-Ramos. 2008. *Phytoseiulus persimilis* (Mesostigmata: Phytoseiidae) feeding on extrafloral nectar: reproductive impact of sugar sources in presence of Prey. *Biopesticides International* 4(1): 1-5.
- Rosas-Acevedo, J. L. y L. Sampedro-Rosas. 2006. Variabilidad de cepas de *Hirsutella thompsonii*, a partir de ácaros fitófagos en tres sistemas terrestres del estado de Colima, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 77: 7-16.
- SAGAR. 1999. Taller de cría masiva de ácaros fitoseidos. Centro Nacional de Referencia de Control Biológico, Colegio de Postgraduados, Sociedad Mexicana de Control Biológico. Montecillo, Texcoco, Estado de México, 12 y 13 de agosto de 1999. 45 p.
- SAGARPA. 2010. Importaciones de organismos para control biológico. www.senasica.gob.mx. (Consultado: 22/11/2011).
- SAGARPA. 2011. Directorio de laboratorios reproductores y comercializadores. SAGARPA. Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. www.senasica.gob.mx. (Consultado: 24/04/2012).
- Scriven, G. T., and J. A. McMurtry. 1971. Quantitative production and processing of tetranichyd mites for large scale testing of predator production. *Journal of Economic Entomology* 64(5): 1255-1257.

- Shimoda T., H. Kishimoto, J. Takabayashi, H. Amano, and M. Dicke. 2009. Comparison of thread-cutting behavior in three specialist predatory mites to cope with complex webs of *Tetranychus* spider mites. *Experimental and Applied Acarology* 47: 111-120.
- SIAP. 2012. Producción anual por estado. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. www.siap.gob.mx/. (Consultado: 14/02/2012).
- Skirvin D. J., and J. S. Fenlon. 2003. The effect of temperature on the functional response of *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae). *Experimental and Applied Acarology* 31: 37-49.
- Takano-Lee, M., and M. Hoddle 2002. Predatory behaviors of *Neoseiulus californicus* and *Galendromus helveolus* (Acari: Phytoseiidae) attacking *Oligonychus perseae* (Acari: Tetranychidae). *Experimental and Applied Acarology* 26: 13–26.
- Tanigoshi L. K. 1982. Advances in the knowledge of the biology of the Phytoseiidae. pp. 1-22. In: Hoy M. A. (ed.). *Recent Advances in the Knowledge of the Phytoseiidae*. University of California Press, Berkeley. USA.
- Tello, V., R. Vargas, J. Araya, and A. Cardemil. 2009. Biological parameters of *Cydnodromus picanus* and *Phytoseiulus persimilis* raised on the carmine spider mite, *Tetranychus cinnabarinus* (Acari: Phytoseiidae, Tetranychidae). *Ciencia e Investigación Agraria* 36(2): 277-290.
- Tuttle, D. M., E. W. Baker and M. Abbatiello. 1974. Spider mites from Northwestern and North Central Mexico (Acarina: Tetranychidae). *Smithsonian Contributions to Zoology* 171: 1-18.
- Tuttle, D. M., E. W. Baker, and M. Abbatiello. 1976. Spider mites of México (Acarina: Tetranychidae). *International Journal of Acarology* 2: 1-102.
- Ullah M. S., D. Morilla, M. H. Badii, G. Nachman, and G. T. Gotoh. 2010. A comparative study of development and demographic parameters of *Tetranychus merganser* and *Tetranychus kanzawai* (Acari: Tetranychidae) at different temperatures. *Experimental and Applied Acarology* 54(1): 1-19.
- Valencia-Domínguez, H. M., G. Otero-Colina, M. T. Santillán-Galicia, y E. Hernández-Castro E. 2011. Acarofauna en papaya var. Maradol (*Carica papaya* L.) en el estado de Yucatán, México. *Entomotropica* 26(1): 17-30.

- Van Driesche R. G., M. S. Hoddle, y T. D. Center. 2007. Control de plagas y malezas por enemigos naturales. United States Department of Agriculture and Forest Service. Florida, USA. 751 p.
- Vanas V., M. Enigl, A. Walzer and P. Schausberger. 2006. The predatory mite *Phytoseiulus persimilis* adjusts patch-leaving to own and progeny prey needs. *Experimental and Applied Acarology* 39: 1-11.
- Vargas M., R., P. N. Olivares, y O. A. Cardemil. 2005. Desarrollo postembrionario y parámetros de tabla de vida de *Typhlodromus pyri* Scheuten, *Cydnodromus californicus* (McGregor) (Acarina: Phytoseiidae) y *Brevipalpus chilensis* Baker (Acarina: Tenuipalpidae). *Agricultura Técnica* 65(2): 147-156.
- Vera G., J., V. M. Pinto, C. J. López, y R. R. Reyna. 2002. *Ecología de Poblaciones de Insectos*. Colegio de Postgraduados. México. 138 p.
- Villanueva J., J. A. 2007. El papayo, estado del arte de la investigación y la transferencia de tecnología. Parte 1 de 2. *Agroentorno* 87: 19-22.
- Weeden, C. R., A. M. Shelton,, and M. P. Hoffman. 2010. *Biological Control: A Guide to Natural Enemies in North América*. www.nysaes.cornell.edu/ent/biocontrol/. (Consultado: 23/10/2011).

CAPÍTULO I. TEMPERATURA Y PARÁMETROS POBLACIONALES DE *Tetranychus merganser* BOUDREAUX (ACARI: TETRANYCHIDAE) EN PAPAYO (*Carica papaya* L.). A
DIFERENTES TEMPERATURAS

Resumen

Tetranychus merganser es considerada una plaga importante del papayo en el estado de Veracruz, México. Se obtuvo una colonia de ácaros a partir de una hembra colectada en el municipio de Manlio F. Altamirano, y se incrementó en invernadero sobre hojas de frijol (*Phaseolus vulgaris*). El objetivo de este trabajo fue evaluar el potencial de *P. persimilis* en el control biológico de *T. merganser* sobre papayo en laboratorio. Para ello, se iniciaron cohortes a partir de huevecillos, expuestas a las siguientes condiciones: temperaturas constantes (19, 23, 27, 31, 33 y 35 °C); 60% (± 2) de humedad relativa; fotoperiodo de 14:10 horas luz: oscuridad y alimentados en discos de hojas de papaya (*Carica papaya*). La duración del ciclo de vida de *T. merganser* disminuyó con el incremento de la temperatura de 52.24 hasta 12.95 días. La tasa neta reproductiva (R_0) fue de 37.40, 62.38, 43.98, 10.47 y 2.32 para 19, 23, 27, 31 y 33 °C, respectivamente; a 35 °C la cohorte no fue viable. La tasa intrínseca de crecimiento poblacional (r_m) fue de 0.08, 0.19, 0.21, 0.18 y 0.12 a las temperaturas anotadas, respectivamente. Se infiere que el desarrollo óptimo se encuentra entre 23 y 27 °C.

Palabras clave: ácaro, tabla de vida, tasa de desarrollo.

Enviado a la Revista Agrociencia, se encuentra en revisión.

Abstract

Tetranychus merganser is considered an important pest of papaya in the State of Veracruz, Mexico. A mite colony was obtained from a single female collected at the municipality of Manlio F. Altamirano, and increased in a greenhouse on kidney bean leaves (*Phaseolus vulgaris*). The objective was to evaluate the potential of *P. persimilis* as biological control of *T. merganser* on papaya at laboratory. For this purpose, cohorts were initiated from individual eggs exposed to the following conditions: constant temperatures: 19, 23, 27, 31, 33 and 35 °C; 60% (± 2) R. H.; 14:10 hours light: dark photophase and fed on papaya leaf discs (*Carica papaya*). The duration of the life cycle of *T. merganser* decreased with increasing temperatures from 52.24 to 12.95 days. Net reproductive rates (R_o) were 37.40, 62.38, 43.98, 10.47 and 2.32 at 19, 23, 27, 31 and 33 °C respectively. The cohort was unviable at 35 °C. Intrinsic rate of increase (r_m) values were 0.08, 0.19, 0.21, 0.18 and 0.12 at the above temperatures, respectively. Optimal development is inferred to be between 23 and 27 °C.

Key words: mite, life table, developmental rate.

1.1. Introducción

Tetranychus merganser fue descrito por primera vez por Boudreaux (1954), colectado sobre *Ligustrum vulgare* L. en el estado de Louisiana, EUA. Las características principales que separaron a esta especie de *Tetranychus timidus* Banks y *Tetranychus atlanticus* McGregor fueron diferencias en una espina empodial y el edeago en forma de cabeza de ganso. Tuttle *et al.* (1974) lo indican presente en el noroeste y centro de México sobre una planta solanácea conocida como ayohuiztle o mala mujer (*Solanum rostratum* Dunal), y en 1976 estos mismos autores la

registran en México sobre tomatillo o tabaco cimarrón (*Solanum nigrum* L.). Estébanes-González y Rodríguez-Navarro (1991) indican su presencia en papayo (*Carica papaya* L.), chile (*Capsicum annuum* L.) y tomatillo o tabaco cimarrón (*S. nigrum* L.) en México. Por su parte, Rodríguez (1999) menciona su presencia en México en varios hospederos, destacando papayo, cacahuate (*Arachis hypogaea* L.) y cempazúchilt (*Tagetes erecta* L.), mientras que Lomelí-Flores *et al.* (2008) lo obtienen en nopal (*Opuntia ficus.-indica* L.) en Tlalnepantla, Morelos, México. Abato-Zárate (*et al.*, 2010) lo encuentran como plaga en papayo, en la principal zona productora del Centro de Veracruz, México. A nivel internacional, Ullah *et al.* (2010) mencionan que recientemente ha sido detectado en pepino (*Cucumis sativus* L.), en embarques enviados a Japón procedentes de México y EUA.

Algunas especies de insectos y ácaros tienen ciclos de vida cortos regulados por factores externos como la temperatura o disponibilidad de alimento, lo cual propicia el acortamiento de algunas o todas sus fases al incrementarse su metabolismo. Esto les permite aprovechar los periodos cortos favorables para su desarrollo, por lo que se presentan generalmente en organismos que viven en climas cálidos (Villanueva-Jiménez *et al.*, 1994). La temperatura influye directamente sobre los procesos fisiológicos de los ácaros, incluyendo a los tetraníquidos, lo que se refleja en sus parámetros poblacionales, como la tasa neta reproductiva (R_0), la tasa intrínseca de crecimiento poblacional (r_m) y el tiempo generacional (T) (Bonato, 1985; Wermelinger *et al.*, 1991).

A diferencia de su congénere *T. urticae*, *T. merganser* ha sido poco estudiado en cuanto a su biología (Kroon *et al.*, 2004; Gallardo *et al.*, 2005; Dehghan *et al.*, 2009; Shi y Feng, 2009), debido a que sólo recientemente ha adquirido importancia económica. Únicamente Ullah *et al.* (2010) han estudiado a *T. merganser* obtenido de calabaza (*Cucurbita maxima* Duch.) en Sonora,

México y evaluado sobre hojas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). El presente trabajo tuvo como objetivo determinar el efecto de la temperatura sobre algunos parámetros poblacionales de *T. merganser* alimentado en papayo.

1.2. Materiales y Métodos

Se colectaron adultos de *T. merganser* sobre plantas de papayo en la localidad de Tepetates, Manlio Fabio Altamirano, Veracruz, México. Se identificó la especie (Abato-Zarate *et al.*, 2010) y se inició una colonia a partir de una hembra. Se incrementó la población tanto en laboratorio sobre papayo, como en invernadero sobre frijol. Los bioensayos se llevaron a cabo en arenas elaboradas con cajas Petri siguiendo el método Helle y Overmeer (1985). En cada caja se colocó un disco de 4 cm de diámetro de hoja de papayo con el envés hacia arriba, asentada sobre una capa de algodón húmedo, cuyos bordes rodearon los costados del tejido vegetal para evitar que los individuos escaparan. Se colocaron dos a tres hembras durante 6 h para permitir que ovipositaran; posteriormente las hembras fueron retiradas y se dejó únicamente un huevo de edad similar por arena. Se obtuvieron así seis cohortes de 123, 131, 67, 124, 134 y 121 individuos en cada una, dispuestas a temperaturas de 19, 23, 27, 31, 33 y 35 °C, respectivamente, dentro de cámaras de crecimiento Oriol EF® (México), con fotoperiodo 14:10 horas luz: oscuridad y humedad relativa de $60 \pm 2\%$. Los discos de hoja de papayo fueron renovados al inicio de la pérdida de turgencia. Se observaron los individuos cada 12 h hasta la muerte del último de ellos; una vez que los individuos llegaron al estado adulto se contabilizaron los huevos obtenidos.

La duración de las diferentes fases de desarrollo, así como la duración total del ciclo fueron sometidas al análisis de varianza con el programa SAS versión 9.1, para un diseño

completamente al azar, para diferente número de repeticiones. También se realizó la comparación de medias mediante Tukey ($P = 0.05$). La duración de oviposición y el total de oviposición fueron analizadas con la prueba de Kurskal-Wallis, debido a que su distribución no fue normal. Los parámetros poblacionales se calcularon de acuerdo al método de Birch (1948), aplicado por Hoque *et al.* (2008) y Win *et al.* (2011), para construir tablas de vida de Tetranychidae. En este método se parte de observaciones a diferentes edades (x) (Anexo A). Se obtiene la supervivencia acumulada de las hembras (l_x) y el número de descendientes por hembra en una edad x (m_x). La tasa neta reproductiva (R_o) es obtenida por la fórmula $R_o = \sum (l_x \times m_x)$; el tiempo generacional (T), por $T = \sum (x \times l_x \times m_x) / \sum (l_x \times m_x)$; la tasa intrínseca de crecimiento de la población (r_m) se obtiene mediante $r_m = \ln (R_o) / T$; el tiempo de duplicación de la población (D_t), por $D_t = \ln (2) / r_m$; y la tasa finita de crecimiento (λ), por $\lambda = \exp (r_m)$.

1.3. Resultados y Discusión

Duración del ciclo de vida. La duración del ciclo de vida de *T. merganser* varió de 12.95 días en la temperatura más alta, a 52.24 días en la más baja. Las curvas de supervivencia de *T. merganser* a diferentes temperaturas se muestran en la Figura 1.1. De acuerdo con Pearl (1928), las temperaturas 19, 23 y 27 °C propician curvas de supervivencia del tipo I con poblaciones con pérdidas pequeñas a temprana edad y con pérdidas mayores en edad avanzada. Las curvas restantes son del tipo IV, con pérdidas graduales a lo largo de todo el desarrollo. Aunque la finalización de las curvas de 31 y 33 °C se da después que la de 27 °C, el promedio de longevidad de los individuos es menor (Cuadro 1.1.), donde a 33 °C sobrevive más que 31 °C,

debido a la persistencia de algunos individuos que prolongaron su supervivencia como adultos, aunque prácticamente con la mínima actividad.

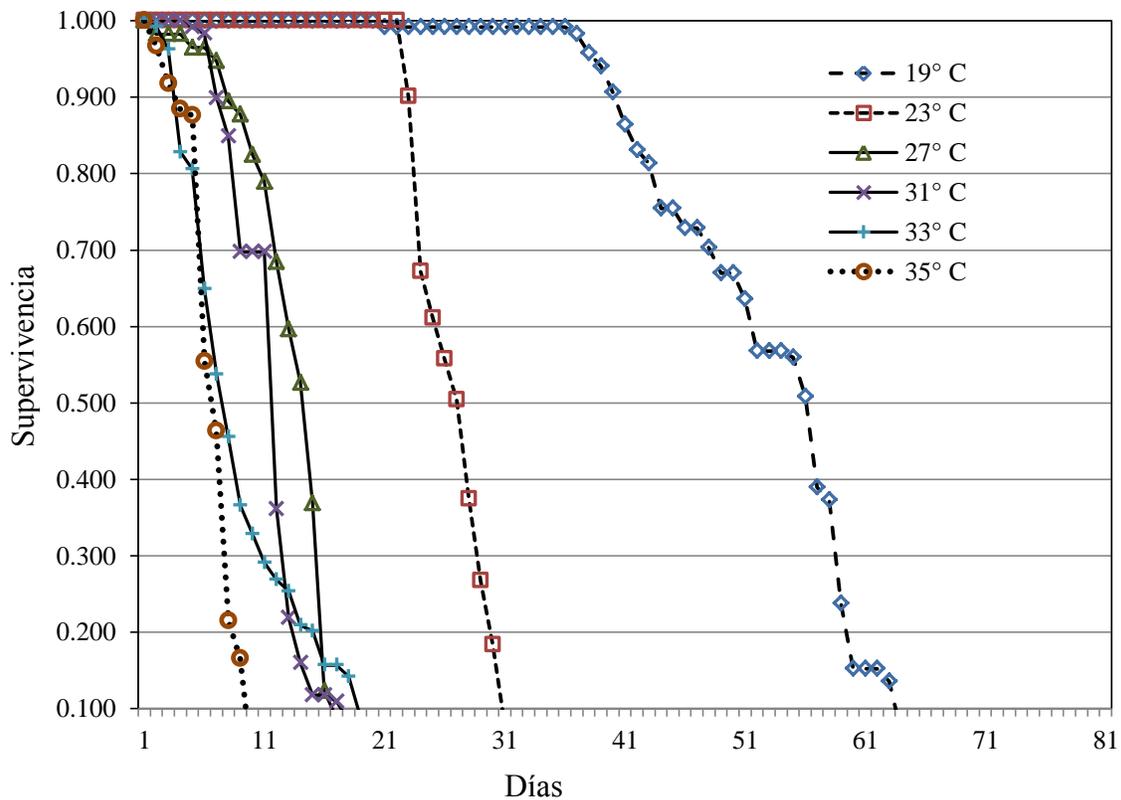


Figura 1. 1. Curvas de supervivencia de *T. merganser* sobre papayo a diferentes temperaturas con humedad relativa de 60% y 14 horas luz, 10 oscuridad.

El análisis de varianza mostró diferencias significativas debidas a la temperatura en la duración de las fases desarrollo de *T. merganser*, así como en la duración total del ciclo de vida. Todos los estados mostraron un acortamiento significativo al pasar de 19 a 23 °C; sin embargo, al pasar de 23 a 27 °C puede observarse nuevamente un alargamiento del estado adulto, lo que se refleja en la duración similar de todo el ciclo a estas temperaturas. El acortamiento del estado de huevo no

fue significativo de 31 a 33 y a 35 °C, tampoco el de larva y protoninfa de 27 a 31 y a 33 °C, incluso hubo un pequeño alargamiento de esta fase a 35 °C, así como de la deutoninfa y del estado adulto a 33 °C. A 35 °C sobrevivieron sólo dos individuos, por lo que no fue posible evaluar su duración como deutoninfas y adultos; por ello sólo se incluyen los promedios sin que se hayan incluido en el análisis de varianza.

Cuadro 1.1. Duración en días de las diferentes fases de desarrollo de *T. merganser* sobre papaya (*C. papaya*) a diferentes temperaturas con H.R 60 ± 2% y fotoperiodo 14:10 h luz: oscuridad. Diferentes letras en la misma columna indican que existe diferencia significativa (Tukey $P \leq 0.05$).

Fases	Huevo	Larva	Protoninfa	Deutoninfa	Adulto	Total
19 °C	13.36 a	7.02 a	6.96 a	5.70 a	20.21 a	52.24 a
	±2.08	±1.84	±1.92	±1.80	±9.68	±9.19
23 °C	6.05 b	3.15 b	3.23 b	3.08 b	11.02 b	26.54 b
	±0.85	±0.52	±0.57	±0.61	±3.63	±3.30
27 °C	4.10 c	1.74 c	1.67 c	2.21 c	18.27 a	27.99 b
	±0.52	±0.54	±0.52	±0.56	±6.16	±6.02
31 °C	3.00 d	1.53 c	1.51 c	2.01 c	4.45 c	13.26 d
	±0.38	±0.25	±0.29	±0.21	±3.31	±4.63
33 °C	2.71 d	1.58 c	1.62 c	2.83 b	9.13 b	17.81 c
	±0.37	±0.51	±0.27	±0.51	±4.68	±4.84
35 °C	2.62 d	2.98 b	2.17 c	1.75	3.25	12.95
	±0.76	±1.09	±0.76	±0.35	±1.06	±4.84

Como en todo organismo poiquilotermo, Ullah *et al.* (2010) también documentaron que la temperatura afecta de forma definitiva la duración del ciclo de *T. merganser*, el cual se acorta conforme se incrementa la temperatura de 15 a 35 °C. Sin embargo, encontraron diferencias al

compararlo con *T. kanzawai*. A diferencia de lo encontrado en el presente trabajo, observaron el ciclo completo a más de 35 °C y sólo al evaluar 40 °C los huevos de *T. merganser* ya no eclosionan. Este efecto se observó en el presente trabajo a partir de los 33 °C. Gallardo *et al.* (2005) encontraron valores similares a los registrados en este trabajo a 27 °C, en *T. urticae* y sobre pimentón (*Capsicum annuum* L.), con una variante 70% de HR. Dehghan *et al.* (2009) encontraron una variación de 16 a 22 días en la duración total del ciclo en *T. urticae* a 25 °C y 70% de HR, cuando lo alimentaron con diferentes variedades de soya (*Glycine max* L.). Da Silva (2002) también encontró valores similares para *T. ludeni* sobre hojas de algodónero (*Gossypium hirsutum* L.) a 30 °C y 70% HR, en comparación con los encontrados en este trabajo a 27 °C. Morros y Aponte (1994) previamente habían encontrado valores similares en *T. ludeni* sobre frijol, con una variación de un día en la duración total del ciclo. Por lo anterior, es de esperarse que *T. merganser* presente diferencias en la duración del ciclo a temperaturas similares, pero con diferencias en la humedad relativa y hospedero diferente.

Oviposición. La mayor oviposición fue a 23 °C y decreció al incrementarse la temperatura, aunque a 33 °C fue ligeramente superior que a 31 °C (Cuadro 2). A 35° C no se obtuvieron huevos viables, lo que contrasta con lo obtenido por Ullah *et al.* (2010), quienes observaron que a 37.5 °C, *T. merganser* aún conserva 50% de la viabilidad en sus huevos y que no es sino hasta 40 °C cuando esta especie ya no oviposita. Estos mismos autores encontraron que el valor máximo de oviposición es de más de 100 huevos por hembra a 30 °C, en tanto en este trabajo se obtuvo a 23 °C (70.73). Este valor se asemeja al encontrado por Hoque *et al.* (2008) en *T. urticae* sobre frijol (*Lablab purpureos* L.) a una temperatura aproximada de 27 °C. De acuerdo con lo encontrado en este trabajo, la temperatura tiene influencia tanto en la duración del periodo de

oviposición como en el total de huevos depositados, como se observa en el Cuadro 1.2. A 23 °C se observó la mayor oviposición aunque la duración de la oviposición fue mayor a 19 °C.

La oviposición en tetraníquidos puede verse afectada por otros factores además de la temperatura. Respecto al efecto del alimento, Dehghan *et al.* (2009) encontraron variaciones de 92.46 a 113.07 huevos por hembra en *T. urticae*, alimentado con diferentes cultivares de soya, lo que explica en cierta medida las diferencias encontradas con Ullah *et al.* (2010). Por otro lado, Oku *et al.* (2009) encontraron que para *T. urticae* la oviposición disminuye cuando hay poca telaraña; situación que se presentó durante los cambios de tejido vegetal, por lo que este factor debe ser considerado para posteriores mediciones en esta familia de ácaros.

Cuadro 1.2. Promedio de duración de la oviposición y total de huevos depositados por *T. merganser* a diferentes temperaturas, alimentado de *C. papaya*. Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas (Kruskal-Wallis, $P < 0.05$).

Temperatura	Duración oviposición (días)	Total oviposición (huevos)
19 °C	18.38 a	38.71 b
23 °C	10.18 c	70.73 a
27 °C	16.20 a	52.45 ab
31 °C	4.52 d	15.24 bc
33 °C	7.45 e	21.18 bc

Parámetros poblacionales. En el Cuadro 1.3 se presentan los principales parámetros poblacionales. De manera general, los valores se asemejan a los encontrados por Ullah *et al.* (2010) para *T. merganser* colectado en calabaza (*Cucurbita maxima* Duchesne), en Sonora, México, y evaluado sobre hojas de frijol a una humedad relativa de 60 a 70% y fotoperiodo 16:8 luz: oscuridad. Sin embargo, en este estudio se obtuvo el mayor valor de Ro (tasa neta

reproductiva), de 62.38, a los 23 °C. Por su parte Ullah *et al.* (2010) encontraron el máximo valor de R_o a 25 °C, de 117.3. En tanto la r_m (tasa intrínseca de crecimiento poblacional) y el valor de λ (tasa finita de crecimiento) presentaron sus máximos (0.21 y 1.23) a los 27 °C, mientras que Ullah *et al.* (2010) obtuvieron una r_m más alta de 0.41 a 30 °C. El tiempo generacional (T) para los autores mencionados previamente decreció al incrementarse la temperatura, que fue de 56.2 días a 15 °C hasta 9.8 días a 35 °C. En este trabajo ocurrió algo similar; sin embargo, el valor de T fue ligeramente mayor a 33 que a 31 °C.

Cuadro 1.3. Parámetros poblacionales de *T. merganser* sobre hojas de papayo (*C. papaya*) a diferentes temperaturas y H.R 60 ± 2% y fotoperiodo 14: 10 h luz: oscuridad.

Parámetro/ Temperaturas (°C)	19	23	27	31	33	35
Tasa neta reproductiva (R_o)	37.40	62.38	43.98	10.47	2.33	-
Tiempo medio generacional (T)	45.52	22.76	18.28	13.50	15.12	-
Tasa intrínseca de crecimiento poblacional (r_m)	0.08	0.19	0.21	0.18	0.12	-
Tasa finita de crecimiento poblacional (λ)	1.08	1.21	1.23	1.20	1.13	-
Tiempo de duplicación de la población (Dt)	0.71	3.69	3.35	3.76	5.78	-

Las variaciones encontradas entre este trabajo y el de Ullah *et al.* (2010) podrían atribuirse a diferencias nutricionales y de metabolitos secundarios presentes en los sustratos frijol y papaya. Además, estos autores utilizaron una humedad relativa más variable (60 a 70%). En este sentido, Hoque *et al.* (2008) y Gallardo *et al.* (2005) evaluaron a *T. urticae* en frijol y pimentón, respectivamente, a temperaturas similares, pero con resultados diferentes en las tablas de vida. Dehghan *et al.* (2009) encontraron diferencias en las tablas de vida de *T. urticae* alimentado sobre diferentes cultivares de soya. También Cerna *et al.* (2009) encontraron variaciones en los

parámetros poblacionales de *Oligonychus punicae* sobre hojas de aguacate (*Persea americana* Mill.) variedades Hass, Fuerte y Criollo, lo que refuerza la observación de la influencia del alimento en el ciclo de vida de estos tetránquidos. Ullah *et al.* (2010) encontraron desarrollo de *T. merganser* a 37 °C, en tanto en este trabajo la población no prosperó a 35 °C.

Da Silva (2002) encontró los valores óptimos de desarrollo de *T. ludeni* entre 24 y 29 °C, con una r_m de 0.27. Cerna *et al.* (2009) encontraron en *O. punicae* una r_m de 0.44 a 28 °C en aguacate. Dehghan *et al.* (2009) obtuvieron una r_m de 0.26 para *T. urticae* en soya a 27 °C. Hoque *et al.* (2008) obtuvieron también en *T. urticae*, la más alta r_m de 0.18 a 27 °C sobre frijol. Es decir, que se ha encontrado que en diferentes especies de tetránquidos, las temperaturas óptimas de desarrollo están entre los 23 y 30 °C. En el caso específico de *T. merganser*, Ullah *et al.* (2010) encontraron un óptimo a 30 °C con una r_m de 0.41, en tanto en este estudio la óptima fue entre 23 y 27 °C ($r_m = 0.21$). En la Figura 1.2. se presentan en forma gráfica los inversos de R_0 , tiempo generacional, r_m , lambda y tiempo de duplicación de la población, lo que permite ver la tendencia de los valores con el incremento de la temperatura.

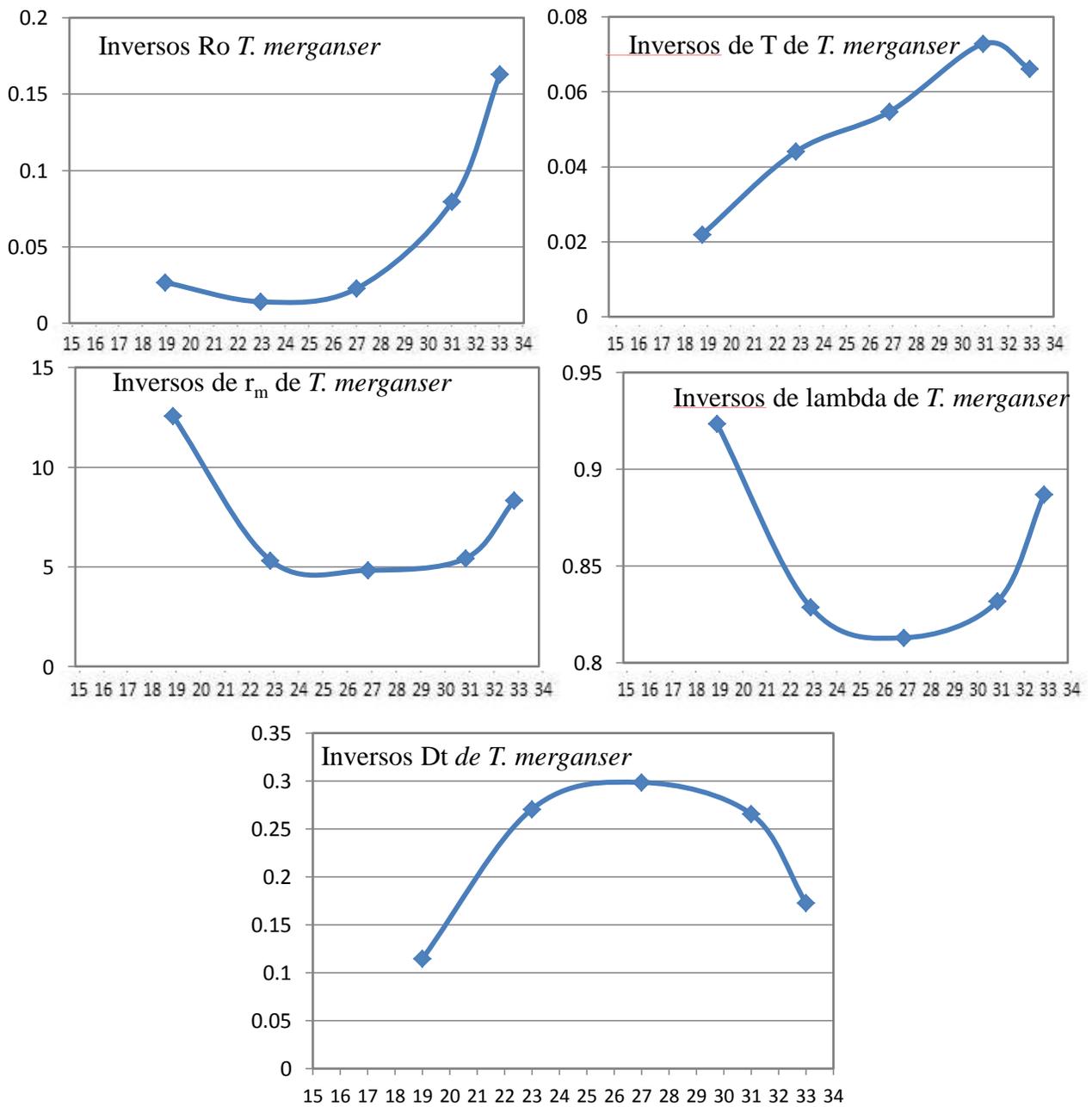


Figura 1. 2. Inversos ($1/X$) de Ro, T, r_m , lambda y Dt de *T. merganser* a diferentes temperaturas con HR de 60 (± 2)% y fotoperiodo 14:10 h luz: oscuridad.

1.4. Conclusiones

El desarrollo óptimo de *T. merganser* en papayo se encuentra entre 23 y 27 °C. A estas temperaturas puede lograr niveles de población que la hacen una plaga de importancia. Sin embargo, en papayo no logra desarrollarse con eficiencia.

1.5. Agradecimientos

Al CONACYT y al Colegio de Postgraduados por el financiamiento otorgado para la realización de la presente investigación a través del Fideicomiso Revocable de la Administración e Inversión No, 167304, para el Establecimiento y Operación de los Fondos para la Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico del Centro Público Colegio de Postgraduados a través de Financiamiento a Proyectos de Investigación de Tesis 2009. Al INIFAP- CIRGOC Campo experimental Cotaxtla y al Colegio de Postgraduados Campus Veracruz, por facilitar equipo e instalaciones.

1.6. Literatura Citada

- Abato-Zárate, M., A. Castro-Martínez, N., Reyes-Pérez, H. M. Valencia-Domínguez, y G. Otero-Colina. 2010. The complex of spider mite of papaya (*Carica papaya*) in México. In: Abstracts. XIII International Congress of Acarology. De Moraes G. J., Castilho R. C. and Flechtmann C. H. W. (Comps). Recife, Brasil. Agosto 23-27, 2010. p. 3.
- Birch, L. C. 1948. The intrinsic rate of natural increase of an insect population. *Journal of Animal Ecology* 17: 15-26.
- Bonato, O. 1985. The effect of temperature on life history parameters of *Tetranychus evansi* (Acari: Tetranychidae). *Experimental and Applied Acarology* 23(1): 11-19.
- Boudreaux, B. H. 1954. New species of tetranychids mites. *The Pan Pacific Entomologist* 30(3): 181-186.

- Cerna E., M. H. Badii, Y. Ochoa, L. A. Aguirre, y U. J. Landeros. 2009. Tabla de vida de *Oligonychus punicae* Hirst (Acari: Tetranychidae) en hojas de aguacate (*Persea americana* Mill) variedad Hass, Fuerte y Criollo. Universidad y Ciencia. Trópico húmedo 25(2): 133-140.
- Da Silva C., A. D. 2002. Biología e exigência térmicas do ácaro-vermelho (*Tetranychus ludeni* Zacher) em folhas de algodoeiro. Pesquisa Agropecuaria Brasileira 37(5): 573-598.
- Dehghan, M. S., H. Allahyari, A. Saboori, J. Nowzari, and V. H. Naveh. 2009. Fitness of *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) on different soybean cultivars: biology and fertility life-tables. International Journal of Acarology 35(4): 341-347.
- Estébanes-González, M. L., and S. I. Rodríguez-Navarro. 1991. Observaciones sobre algunos ácaros de las familias Tetranychidae, Eriophyidae, Acaridae y Tarsonemidae (Acari), en hortalizas de México. Folia Entomológica Mexicana 83: 199-212.
- Gallardo, A., C. Vásquez, J. Morales, y J. Gallardo. 2005. Biología y enemigos naturales de *Tetranychus urticae* en pimentón. Manejo Integrado de Plagas y Agroecología 74: 34-40.
- Helle, W., and W. Overmeer. 1985. Rearing Techniques. In Helle W; Sabelis, M. eds. Spider mites: Their biology, natural enemies and control. Amsterdam, NE, Elsevier Science Publishers. v. A, pp. 331-335.
- Hoque, M. F., W. Islam, and M. Khalequzzaman. 2008. Life tables of two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) and its predator *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot (Acari: Phytoseiidae). Journal of Biological Science 16: 1-10.
- Kroon, A., R. L. Veenendaal, J. Bruin, M. Egas, and M. W. Sabelis. 2004. Predation risk affects diapause induction in the spider mite *Tetranychus urticae*. Experimental and Applied Acarology 34: 307-314.
- Lomelí-Flores, J. R., E. Rodríguez-Leyva, G. Otero-Colina, G. Mora-Aguilera, y F. Esquivel-Chávez. 2008. Primer reporte de *Tetranychus merganser* (Acari: Tetranychidae) sobre *Opuntia ficus-indica* L. en Tlalnepantla, Morelos. En: Estrada V. E. G., Equihua A., Padilla J. R. y Mendoza A. (Eds.) 2008. Entomología Mexicana 7: 21-25.
- Morros C. M. E., y L. O. Aponte. 1994. Biología y tabla de vida de *Tetranychus ludeni* Zacher en caraota *Phaseolus vulgaris* L. Agronomía Tropical 44(4): 667-677.

- Oku, K., S. Magalhães, and M. Dicke. 2009. The presence of webbing affects the oviposition rate of two-spotted spider mites, *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). *Experimental and Applied Acarology* 49: 167-172.
- Pearl, L. 1928. *The Rate of Living*. Alfred A. Knopf. The Johns Hopkins University. New York.
- Rodríguez N., S. 1999. Ácaros. En: Deloya L. A. C. y Valenzuela G. J. E. (Eds.). 1999. Catálogo de insectos y ácaros plaga de los cultivos agrícolas de México. Sociedad Mexicana de Entomología. Publicaciones Especiales No. 1. 124-140.
- Shi, W. B., and M. G. Feng. 2009. Effect of fungal infection on reproductive potential and survival time of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). *Experimental and Applied Acarology* 48:229-237.
- Tuttle, D. M., E. W. Baker, and M. Abbatiello. 1974. Spider mites from Northwestern and north central México (Acarina: Tetranychidae). *Smithsonian Contributions to Zoology*. 171: 1-18.
- Ullah, M. S., D. Morilla, M. H. Badii, G. Nachman, and G., T. Gotoh. 2010. A comparative study of development and demographic parameters of *Tetranychus merganser* and *Tetranychus kanzawai* (Acari: Tetranychidae) at different temperatures. *Experimental and Applied Acarology* 54(1): 1-19.
- Villanueva-Jiménez, J. A., J. Ventura-Godínez, y R. Vega Nevárez 1994. Grados-Día de Desarrollo de *Aphis nerii* (Boyer) (Homoptera: Aphididae) bajo condiciones térmicas controladas y variables. *Revista Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica)* 32: 19-24.
- Wermelinger, B., J. J. Oertli, and J. Baumgärtner. 1991. Environmental factors affecting the life-tables of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). III. Host-plant nutrition. *Experimental and Applied Acarology* 12: 259-274.
- Win, S. S., R. Muhammad, Z. A. M. Ahmad, and N. A. Adam. 2011. Life table and population parameters of *Nilaparvata lugens* Stal. (Homoptera: Delphacidae) on rice. *Tropical Life Science Research* 22(1): 25-35.

CAPÍTULO II. DEPREDACIÓN DE *Tetranychus merganser* BOUDREAUX (ACARI:
TETRANYCHIDAE) POR *Phytoseiulus persimilis* ATHIAS-HENRIOT (ACARI:
PHYTOSEIIDAE) EN PAPAYO (*Carica papaya* L.)

Resumen

Tetranychus merganser Boudreaux es un ácaro de importancia en papayo en la zona productora del Centro de Veracruz, México, cuyo control se basa en el uso de acaricidas. *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot es el depredador comercial más utilizado para el control de tetraníquidos, especialmente los del género *Tetranychus*. Con el objetivo de evaluar el potencial de *P. persimilis* Athias-Henriot en el control biológico de *T. merganser* sobre hojas de papayo en laboratorio se construyó la tabla de vida de *P. persimilis*, alimentado con *T. merganser* sobre papayo a 27 °C, 60% de humedad relativa y fotoperiodo de 14:10 h luz: oscuridad. Se evaluó la preferencia alimenticia del depredador por los diferentes estados de desarrollo del tetraníquido y se midieron los tiempos de alimentación. La tasa neta reproductiva (R_0) fue de 4.06, el tiempo generacional (T) de 31.63 d, la tasa intrínseca de crecimiento poblacional (r_m) de 0.01, la tasa finita de crecimiento poblacional (λ) de 1.01 y el tiempo de duplicación de la población (Dt) de 63.54 d. *P. persimilis* se alimenta de todos los estados de desarrollo de *T. merganser*, siendo siempre letal, puede consumir 8.55 huevos, 6.56 larvas, 4.05 ninfas y 0.98 adultos en 24 h. La duración promedio de los ataques fue de 26.00 (± 13.76), 237.18 (± 3.95), 605.73 (± 10.10) y 916.60 (± 15.28) s para huevo, larva, ninfa y adulto, respectivamente. Los parámetros poblacionales indican que *P. persimilis* no se establecería alimentándose exclusivamente de *T. merganser* sobre papayo, pero podría usarse en contra este tetraníquido en aplicaciones inundativas.

Palabras clave: tablas de vida, control biológico, preferencia alimenticia

Abstract

Tetranychus merganser Boudreaux is an important mite in the papaya producing area of Central Veracruz, Mexico, where its control is based on the use of acaricides. *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot is the most widely used commercial predator for tetranychid control, particularly those of the genus *Tetranychus*. The objective was to evaluate the potential of *P. persimilis* on the biological control of *T. merganser* on papaya under laboratory conditions. Laboratory life tables were followed for *P. persimilis* fed on *T. merganser* on papaya at 27 °C, 60% relative humidity and 14:10 h light: dark photoperiod. Predator feeding preference on different developmental stages of tetranychid mite was evaluated, as well as feeding times. The net reproductive rate (R_0) was 4.06, generation time (T) 31.63, intrinsic rate of population increase (r_m) 0.01, finite rate of population growth (λ) 1.01 and doubling time of population (Dt) 63.54 days. *P. persimilis* feeds on all development stages of *T. merganser*, being lethal in all attacking episodes; it can consume 8.55 eggs, 6.56 larvae, 4.05 nymphs and 0.98 adults in 24 h. The mean duration of attacks was 26.00 (± 13.76), 237.18 (± 3.95), 605.73 (± 10.10) and 916.60 (± 15.28) s. for egg, larva, nymph and adult respectively. Population parameters indicate that *P. persimilis* is not able to establish exclusively feeding on *T. merganser* on papaya, but it might be used for the biological control of this tetranychid using inundative applications.

Keywords: life tables, biological control, alimentary preference.

2.1. Introducción

Tetranychus merganser Boudreaux ha incrementado su importancia económica en México y ha ampliado su gama de hospedantes, dentro de los que destacan nopal (*Opuntia ficus-indica* L.) y calabaza (*Cucurbita maxima* L.), debido posiblemente al uso excesivo de plaguicidas. En la región Central de Veracruz causa daños en papayo junto con *Eotetranychus lewisi* McGregor y *Eutetranychus banksi* McGregor (Acari: Tetranychidae) (Abato-Zarate *et al.*, 2010). Este ácaro presenta valores en la tasa intrínseca de crecimiento poblacional (r_m) entre 0.072 - 0.411 sobre frijol, entre 15 y 35 °C (Ullah *et al.*, 2010), mientras que en el caso de papayo, en el Capítulo I de la presente tesis se determinó que a 27 °C se presentan la tasa intrínseca de incremento poblacional (r_m) y la tasa finita de crecimiento poblacional (λ) más altas (0.21 y 1.23, respectivamente). También se encontró a 23 °C su mayor tasa neta reproductiva ($R_0 = 62.38$), lo que indica que entre 23 y 27 °C son las condiciones en las que puede desarrollarse mejor su población y comportarse como plaga en papayo.

Abato-Zárate *et al.* (2010) también encontraron sobre papayo a las especies depredadoras *Galendromus helveolus* (Chant) y *Euseius hibisci* (Chant) (Acari: Phytoseiidae) en Veracruz; sin embargo, las poblaciones naturales de estos ácaros no fueron suficientes para controlar a las plagas en este cultivo, por lo que el productor recurre inmediatamente al uso de acaricidas. Por lo anterior es necesario buscar alternativas al uso excesivo de plaguicidas.

Phytoseiulus persimilis Athias-Henriot es un depredador especialista en alimentarse de tetraníquidos y es el agente de control biológico más frecuentemente usado contra *Tetranychus*

urticae Koch en invernaderos (Nachappa *et al.*, 2006; Davis *et al.*, 2009). Además, se le ha evaluado y utilizado en el control de otros tetraníquidos como *Tetranychus cinnabarinus* Boisduval (Tello *et al.*, 2009), *T. lintearius* Dufour (Davis *et al.*, 2009), *T. evansi* Baker y Pritchard (Escudero y Ferragut, 2005), entre otros. Aunque es un depredador específico, Rojas y Morales-Ramos (2008) lo encontraron alimentándose del néctar extrafloral de frijol lima (*Phaseolus lunatus* L.) además de la presa (*T. urticae*).

Escalona y Vásquez (2005) encontraron que la dieta tiene efecto en los parámetros poblacionales de los fitoseidos y por lo tanto en su capacidad para establecerse en el agroecosistema; los valores bajos de r_m demuestran que el alimento ofrecido no cubre los requerimientos nutricionales del ácaro depredador. Abad-Moyano *et al.* (2010) mencionan que el sustrato sobre el que se desarrolla la presa afecta el desarrollo del depredador y encontraron que *P. persimilis* controla eficientemente a *T. urticae* desarrollándose sobre el cítrico clementina (*Citrus x clementina*). Davis *et al.* (2009) compararon el desarrollo de dos razas de *P. persimilis* alimentado con *T. urticae* y *T. lintearius*, y encontraron diferencias en el desarrollo de sus estados pre-adultos, aunque el desarrollo fue satisfactorio con ambas dietas. Por el contrario, Escudero y Ferragut (2005) demostraron que en condiciones de campo *P. persimilis* tiene un pobre desarrollo cuando se alimenta de *T. evansi* mientras que Hoque *et al.* (2008) determinaron una satisfactoria r_m de 0.18 en *P. persimilis* alimentado con *T. urticae* sobre frijol (*Lablab purpureus* L.), en condiciones de verano (27 °C aproximadamente). En papaya, Collier *et al.* (2007) encontraron que *Neoseiulus idaeus* Denmark y Muma presentó valores de r_m de 0.168, 0.156 y 0.151 al ser alimentado con huevos, deutoninfas y huevos + adultos de *T. urticae*, respectivamente.

En cuanto a la preferencia alimenticia de los fitoseidos, se ha documentado que prefieren los primeros estados de desarrollo de sus presas. Blackwood *et al.* (2001) encontraron que *E. hibisci*, *Euseius finlandicus* Oudemans y *Amblyseius andersoni* Chant tienen preferencia por las larvas, en tanto *Phytoseiulus macropilis* Banks, *Neoseiulus longispinosus* Evans y *Neoseiulus fallacis* Garman tienen una marcada preferencia por los huevos de *T. urticae* cuando sólo se les ofrecen los estados de huevo y adulto. Furuichi *et al.* (2005) encontraron que *Neoseiulus womersleyi* Schicha prefiere los huevos respecto a los adultos de *T. urticae* y *T. kanzawai*. Por su parte, Vanas *et al.* (2006) demostraron que *P. persimilis* puede ajustar la oviposición de acuerdo a la presencia de la presa, lo que le permite mantener un balance entre su progenie y la de la presa, pero que existe un cierto grado de canibalismo cuando no existe presa suficiente.

Tetranychus merganser está adquiriendo importancia en papayo por la gran cantidad de recursos económicos que se invierten en su control (CAPÍTULO III). Por ello se requiere conocer si es viable su control mediante un agente biocontrolador disponible de manera comercial. Por lo anterior, este trabajo tuvo como objetivos determinar los parámetros poblacionales de *P. persimilis*, así como su preferencia sobre los diferentes estados de desarrollo, cuando es alimentado con *T. merganser* sobre hojas de papayo.

2.2. Materiales y Métodos

2.2.1. Determinación de parámetros poblacionales

Se obtuvo la especie *T. merganser* de plantaciones de papayo en Tepetates, Mpio. de Manlio F. Altamirano, Veracruz, México. Se multiplicó sobre plantas de frijol en invernadero. Se usaron

ácaros adultos de *P. persimilis* en su presentación comercial (Spidex ® Koppert de México), los cuales se manejaron a una temperatura de 15 °C para su traslado. Se utilizaron arenas elaboradas con cajas Petri de acrílico, donde una caja de 5 cm de diámetro se pegó dentro y en el centro de otra de 9 cm. En el espacio existente entre las cajas se colocó glicerina para evitar la fuga de los ácaros. Dentro de la caja chica se puso un círculo de aproximadamente 4 cm de diámetro de hoja fresca de papayo, con el envés hacia arriba sobre una cama de algodón húmedo. Sobre estas arenas se colocaron 10 individuos de *T. merganser* de cada estado de desarrollo. Posteriormente se colocaron cinco hembras de *P. persimilis* en cada arena para que ovipositaran; se retiraron seis horas después y se dejó sólo un huevo por arena (109 arenas). Se les proveyó de alimento (huevos, larvas, ninfas y/o adultos de *T. merganser*) hasta completar 10 individuos vivos de cada estado cada 12 horas y se registraron los cambios de cada individuo del depredador hasta la muerte del último. Se contabilizó la oviposición de los que llegaron al estado adulto. Todo el experimento se llevó a cabo en una cámara bioclimática ORIOL EF (México) a 27 °C, humedad relativa de 60% y fotoperiodo de 14:10 h luz: oscuridad.

2.2.2. Determinación de preferencia alimenticia

Para evaluar la preferencia alimenticia de *P. persimilis* por los diferentes estados de desarrollo de *T. merganser*, se procedió de manera similar a Cheng *et al.* (2010), quienes ofrecieron los diferentes estados de desarrollo de la presa en la misma cantidad y de manera simultánea al depredador. Para ello, se utilizó la misma cámara con las mismas condiciones, así como arenas similares a las del bioensayo anterior. En estas arenas se colocaron tres hembras adultas de *T. merganser* durante 6 h. Se retiraron las hembras y se dejaron 10 huevos puestos por ellas, los cuales se localizaron gráficamente en el círculo de hoja de papayo. Se agregaron a la arena 10

larvas, 10 ninfas y 10 adultos de *T. merganser*. Inmediatamente se introdujo una hembra adulta de *P. persimilis* por arena, la cual previamente tuvo acceso a alimento durante 8 h y luego fue puesta en ayuno durante 8 h previo al ensayo. Cada 8 h se contabilizó el número de individuos consumidos de cada estado de desarrollo de *T. merganser*. Se contabilizaron primero los huevos faltantes de aquéllos localizados gráficamente, y posteriormente se contabilizaron los recién depositados. Nuevamente se dejaron 10 huevos gráficamente ubicados para no confundirlos con los recién depositados. Se agregaron individuos de los restantes estados hasta completar nuevamente a 10 de cada uno. El bioensayo duró 24 h.

2.2.3. Determinación del tiempo de alimentación

En las arenas de doble caja Petri se colocaron 10 individuos de cada estado de desarrollo de *T. merganser*, y se introdujo una hembra adulta de *P. persimilis*, previamente alimentada durante 8 h y posteriormente puesta en ayuno 8 h adicionales. Durante los siguientes 60 min aproximadamente, se hicieron las siguientes observaciones: a) tiempo de descanso: aquel en el que el depredador permaneció inmóvil, limpiando sus partes bucales o cambiando la dirección del cuerpo sin cambiar de sitio; b) tiempo de búsqueda: aquel en el que el depredador se desplazó explorando aparentemente, tratando de encontrar presas o sitios de oviposición, o entrando en contacto con las presas pero sin atacarlas; c) tiempo de alimentación: aquel en el que se llevaba a cabo el ataque a la presa, incluyendo su manipulación (Rodríguez *et al.*, 2010). Se realizaron 64 repeticiones.

2.2.4. Análisis de datos

Para la determinación de los parámetros poblacionales, los datos fueron analizados con las fórmulas de Birch (1948), donde se parte de observaciones a diferentes edades (x) (Anexo B). Con ellas se obtiene la supervivencia acumulada de las hembras (l_x) y el número de descendientes por hembra en una edad x (m_x). La tasa neta reproductiva (R_o) se obtiene mediante la fórmula $R_o = \sum (l_x \times m_x)$; el tiempo generacional (T), mediante $T = \sum (x \times l_x \times m_x) / \sum (l_x \times m_x)$; la tasa intrínseca de crecimiento de la población (r_m), mediante $r_m = \ln (R_o) / T$; el tiempo de duplicación de la población (D_t), por $D_t = \ln (2) / r_m$; y la tasa finita de crecimiento (λ), mediante $\lambda = \exp (r_m)$.

En cuanto sus hábitos de alimentación, el tiempo dedicado a diferentes actividades se contabilizó en segundos y se transformó en porcentaje del total de tiempo de observación. Se realizó una comparación de medias de los porcentajes de tiempo empleado en las diferentes actividades mediante Tukey ($P = 0.05$), auxiliado por el programa Statistica 7.1 © Stat Soft Inc.1984-2006.

2.3. Resultados y Discusión

2.3.1. Parámetros poblacionales

En el Cuadro 2.1 se presenta la duración de las diferentes fases de desarrollo de *P. persimilis*, alimentado con *T. merganser* sobre hojas de papayo. En general, las duraciones de los diferentes estados de desarrollo son similares a las encontradas por Hoque *et al.* (2008) (1-2, 2-3, 3-4, 4-5 y 5-6 días para huevo, larva, protonifa, deutoninfa y adulto, respectivamente) cuando *P. persimilis*

es alimentado con *T. urticae*, en condiciones de verano con una temperatura promedio aproximada de 27 °C.

Cuadro 2. 1. Duración en días de las diferentes fases de desarrollo de *P. persimilis* alimentado con *T. merganser* sobre papayo a 27 °C, 60% HR y fotoperiodo 14:10 h luz: oscuridad.

	Huevo	Larva	Protoninfa	Deutoninfa	Adulto	Duración total
Promedio (días)	2.015	2.531	3.464	4.678	5.291	17.979
Desviación estándar	0.374	0.385	0.635	0.687	1.955	2.378

En este estudio la tasa neta reproductiva (R_0) fue de 4.06; el tiempo generacional (T), de 31.63; la tasa intrínseca de crecimiento poblacional (r_m), de 0.01; la tasa finita de crecimiento poblacional (λ), de 1.01; y el tiempo de duplicación de la población (Dt), de 63.54 d, con un promedio de oviposición por hembra de 5.14 d. La r_m obtenida es muy baja comparada con la de 0.18 obtenida por Hoque *et al.* (2008) la cual considera satisfactoria. Tello *et al.* (2009) determinaron valores de r_m y λ similares a los encontrados en este estudio (0.019 y 1.019, respectivamente) a 29 °C, cuando *P. persimilis* es alimentado con *T. cinnabarinus*, lo que los llevó a considerarlo incapaz de establecerse para controlar a esta plaga cuando no se encuentra otra presa alternativa. El valor de r_m tan bajo sugiere que *P. persimilis* no posee el potencial de establecerse, a pesar de alimentarse de manera consistente de la presa (Kasap, 2009). También indica que *T. merganser* alimentado en papayo no cubre los requerimientos nutricionales de *P. persimilis*. Al respecto, Tanigoshi *et al.* (1981) mencionan que la r_m está relacionada con la supervivencia y capacidad reproductiva: un valor alto de r_m indica que hay mayor capacidad de producción de huevos, supervivencia y desarrollo de los individuos y producción de hembras; es

decir, persistencia de la especie en el sitio. Los mismos autores mencionan que para el caso de ácaros depredadores r_m está relacionada con el alimento y las condiciones ambientales en que se desarrolle.

La cohorte presentó una curva de supervivencia del tipo I (Pearl, 1928), con pocas pérdidas en las primeras etapas de desarrollo y una declinación de la población en edad avanzada (Figura 2.1).

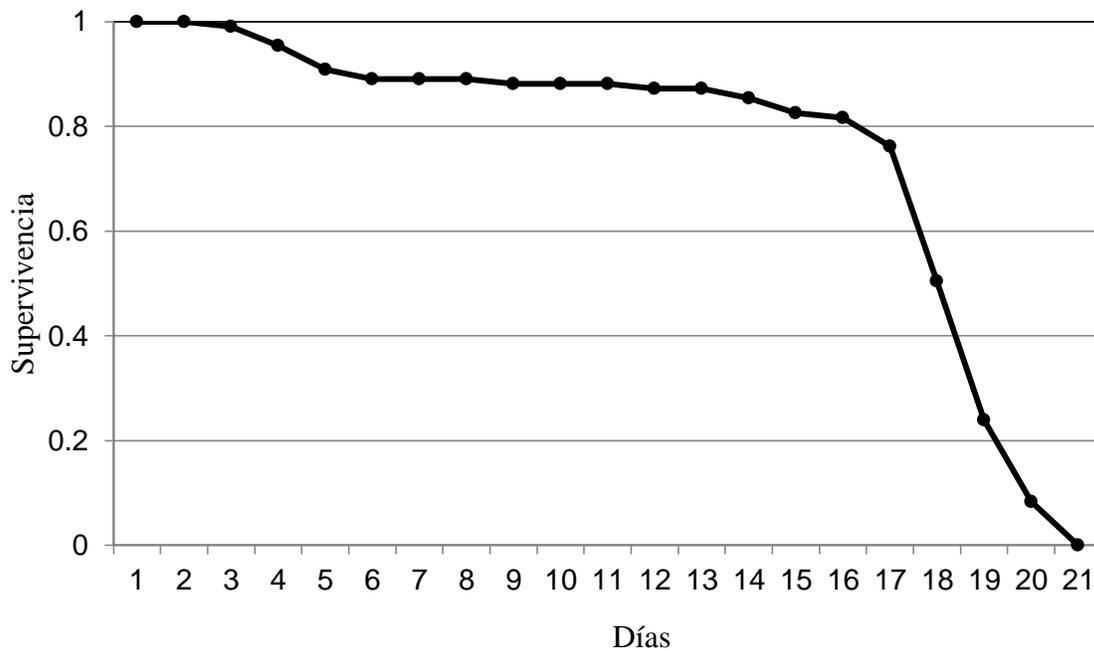


Figura 2.1. Curva de supervivencia de *P. persimilis* alimentado con *T. merganser* sobre papayo a 27 °C, 80% HR y fotoperiodo de 14:10 h luz: oscuridad.

2.3.2. Preferencia alimenticia

Los análisis muestran que existen diferencias significativas entre el consumo de todos los estados de desarrollo de *T. merganser* por parte de *P. persimilis*, con mayor preferencia sobre los huevos seguida de larvas, ninfas y adultos (Figura 2.2). Blackwood *et al.* (2001) argumentan que de

manera general los fitoseidos especialistas tienen preferencia por los estados inmaduros, además encontraron una fuerte preferencia de *P. persimilis* por los huevos de *T. urticae* cuando se le ofrecen en una relación 1:1 huevos: larvas.

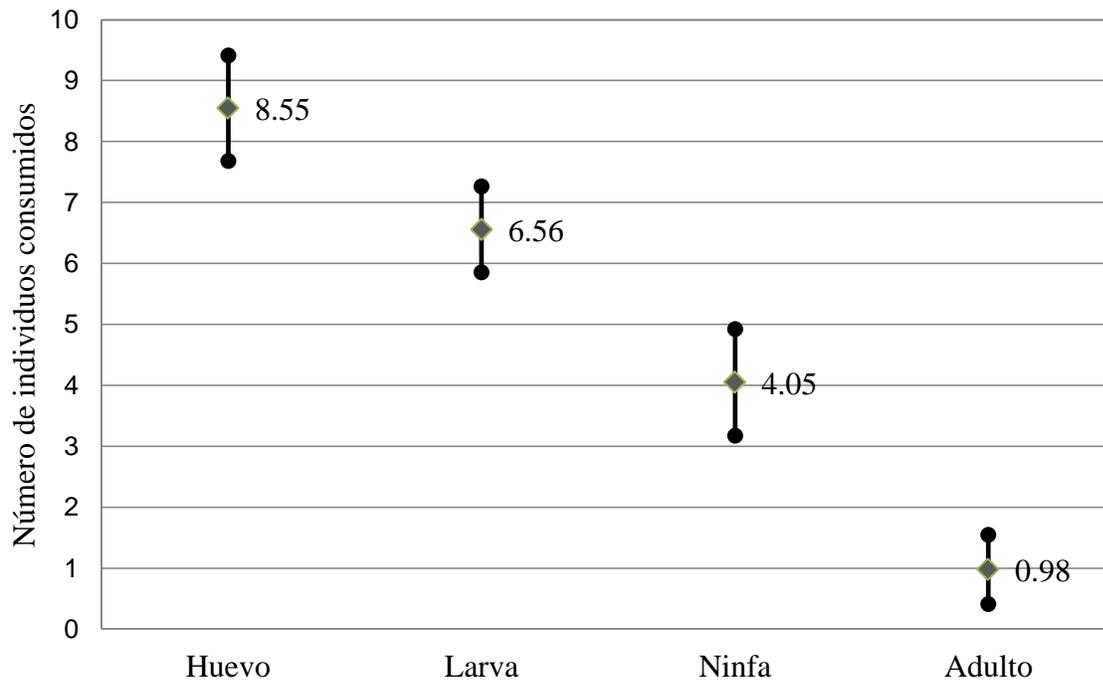


Figura 2.2 Consumo de *P. persimilis* sobre diferentes estados de desarrollo de *T. merganser* alimentado en papayo, expresado en número de individuos consumidos o muertos. Las barras representan un nivel de confianza de 95%.

Ferla y Moraes (2003) demostraron el efecto que tiene el alimentarse de diferentes especies de presa en la capacidad de oviposición de diferentes fitoseidos. Collier *et al.* (2007) encontraron que alimentar al depredador *N. idaeus* con diferentes estados de desarrollo de *T. urticae* en papayo no tiene efecto sobre la duración de sus diferentes estados de desarrollo aunque la dieta de huevos de *T. urticae* está relacionada con una mayor r_m . Furuichi *et al.* (2005) argumentan que la preferencia que muestra *N. womersleyi* por los huevos de *T. kanzawai* es reflejo de que las hembras adultas encuentran en éstos el alimento adecuado.

2.3.3. Tiempos de alimentación

Se encontró que *P. persimilis* dedica 24.07% de tiempo para alimentarse, 5.93% en la exploración y búsqueda del alimento y 69.99% en el descanso. Rodríguez *et al.* (2010) hicieron observaciones similares en el comportamiento alimentario de *Amblyseius largoensis* (Muma) sobre *Raoiella indica* (Hirst) (Acari:Tenuipalpidae); sin embargo, sometieron al depredador a un ayuno previo de 24 h, a 25 °C aproximadamente y con humedad relativa de 57%, con observaciones realizadas durante 30 min. *A. largoensis* consumió 2.6 presas h⁻¹, con 39% de éxito en sus ataques; el tiempo promedio de duración de la alimentación fue de 76.65 s, lo que contrasta con lo que se encontró en este estudio, ya que en este caso se consumió un promedio de 0.83 presas h⁻¹ y la duración de los ataques fue de 26.00 (±13.76), 237.18 (±3.95), 605.73 (±10.10) y 916.60 (±15.28) s para huevo, larva, ninfa y adulto, respectivamente. En este caso el éxito de ataque fue del 100%, ya que todas las presas *T. merganser* atacadas por *P. persimilis* murieron; sólo algunos adultos permanecieron vivos por algunos minutos posteriores al ataque.

Rodríguez *et al.* (2010) mencionan que la menor duración en el ataque a huevos y larvas se debe al menor contenido alimenticio de estos. Además en este estudio se observó que el consumo de ninfas y adultos de la presa, implicó para el depredador un mayor esfuerzo de manipulación.

Aunque *P. persimilis* no tiene la capacidad de establecerse si se alimenta únicamente de *T. merganser* sobre papayo, suponemos que por su comportamiento de alimentarse de todos los estados de desarrollo de la presa y de ser letal en el 100% de sus ataques, podría abatir las poblaciones de *T. merganser* en aplicaciones inundativas.

2.4. Conclusiones

P. persimilis se alimenta de todos los estados de desarrollo de *T. merganser* sobre papayo, pero muestra preferencia por el estado de huevo. Tiene un deficiente desarrollo poblacional cuando se alimenta exclusivamente de *T. merganser* en papayo. Lo anterior no permitiría que *P. persimilis* se establezca permanentemente, pero postulamos que puede ser utilizado en aplicaciones inundativas, similares a las de los plaguicidas convencionales.

2.5. Literatura Citada

- Abad-Moyano, R., T. Pina, J. Pérez-Panadés, E. A. Carboneli, y A. Urbaneja. 2010. Efficacy of *Neoseiulus californicus* and *Phytoseiulus persimilis* in suppression of *Tetranychus urticae* in young clementine plants. *Experimental and Applied Acarology* 50: 317-328.
- Abato-Zárate, M., A. Castro-Martínez, N. Reyes-Pérez, H. M. Valencia-Domínguez, and G. Otero-Colina. 2010. The complex of spider mite of papaya (*Carica papaya*) in México. Abstracts. XIII International Congress of Acarology Agosto 23-27, 2010. Recife, Brasil.
- Birch, L. C. 1948. The intrinsic rate of natural increase of an insect population. *Journal of Animal Ecology* 17(1): 15-26.
- Blackwood, J. S., P. Schausberger, and B. A. Croft. 2001. Prey-stage preference in generalist and specialist phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae) when offered *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) eggs and larvae. *Environmental Entomology* 30(6): 1103-1111.
- Cheng, L. L., J. R. Nechols, D. C. Margolies, J. F. Campbell, and P. S. Yang. 2010. Assessment of prey preference by the mass-produced generalist predator, *Mallada basalis* (Walker) (Neuroptera: Chrysopidae), when offered two species of spider mites, *Tetranychus kanzawai* Kishida and *Panonychus citri* (McGregor) (Acari: Tetranychidae), on papaya. *Biological Control* 53: 267-272.
- Collier, K. F. S., G. S. Albuquerque, J. O. G. de Lima, A. Pallini, and A. J. Molina-Rugama. 2007. *Neoseiulus idaeus* (Acari: Phytoseiidae) as a potential biocontrol agent of the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) in papaya: performance on different prey stage-host plant combinations. *Experimental and Applied Acarology* 41:27-36.

- Davis, J. T., J. E. Ireson, and G. R. Allen. 2009. Pre-adult development of *Phytoseiulus persimilis* on diets of *Tetranychus urticae* and *Tetranychus lintearius*: implications for the biological control of *Ulex europaeus*. *Experimental and Applied Acarology* 47:133-145.
- Escalona, C., y C. Vásquez. 2005. Efecto de las dietas de alimentación sobre la biología y tabla de vida de *Euseius concordis* (Chant) (Acari: Phytoseiidae). *Bioagro* 17 (2): 109-114.
- Escudero, L. and A. Ferragut. 2005. Life history of predatory mites *Neoseiulus californicus* and *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae) on four spider mites species as prey, with special reference to *Tetranychus evansi* (Acari: Tetranychidae) *Biological Control* 32: 378-384.
- Ferla, N. J., e G. J. Moraes. 2003. Oviposição dos ácaros predadores *Agistemus floridanus* González, *Euseius concordis* (Chant) e *Neoseiulus anonymus* (Chant and Baker) Acari em resposta a diferentes tipos de alimento. *Revista brasileira de Zoologia* 20(1) 153-155.
- Furuichi, H., K. Oku, S. Yano, A. Takafuji, and M. Osakabe. 2005. Why does the predatory mite *Neoseiulus womersleyi* Schicha (Acari: Phytoseiidae) prefer spider mite eggs to adults?. *Applied Entomological Zoology* 40(4): 675-678.
- Hoque, M. F., W. Islam, and M. Khalequzzaman. 2008. Life tables of two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) and its predator *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot (Acari: Phytoseiidae). *Journal of Biological Science* 16: 1-10.
- Kasap, I. 2009. Influence of temperature on life table parameters of the predaceous mite *Euseius finlandicus* (Oudemans) (Acari: Phytoseiidae). *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 33: 29-36.
- Nachappa, P., D. C. Margolies, J. R., Nechols, and T. Loughin. 2006. *Phytoseiulus persimilis* response to herbivore-induced plant volatiles as a function of mite-days. *Experimental and Applied Acarology* 40: 231-239.
- Pearl, L. 1928. *The Rate of Living*. Alfred A. Knopf. The Johns Hopkins University. New York.
- Rodríguez, H., A. Montoya, y G. Flores-Galano. 2010. Conducta alimentaria de *Amblyseius largoensis* (Muma) sobre *Raoiella indica* Hirst. *Revista Protección Vegetal* 25(1): 26-30.
- Rojas M. G., and J. A. Morales-Ramos. 2008. *Phytoseiulus persimilis* (Mesostigmata: Phytoseiidae) Feeding on extrafloral nectar: reproductive impact of sugar sources in presence of Prey. *Biopesticides International* 4(1): 1-5.

- Tanigoshi, L. K., J. Fagerlund, and J. Y. Nashio-Wong. 1981. Significance of Temperature and food resources to the developmental biology of *Amblyseius hibisci* (Chant) (Acarina: Phytoseiidae). *Zeitschrift fur Angewandte Entomologie* 92: 404-419.
- Tello, V., R. Vargas, J. Araya, and A. Cardemil. 2009. Biological parameters of *Cydnodromus picanus* and *Phytoseiulus persimilis* raised on the carmine spider mite, *Tetranychus cinnabarinus* (Acari: Phytoseiidae, Tetranychidae). *Ciencia e Investigación Agraria* 36(2): 277-290.
- Ullah, M. S., D. Morilla, M. H. Badii, G. Nachman, and T. Gotoh. 2010. A comparative study of development and demographic parameters of *Tetranychus merganser* and *Tetranychus kanzawai* (Acari: Tetranychidae) at different temperatures. *Experimental and Applied Acarology* 54(1): 1-19.
- Vanas, V., M. Enigl, A. Walzer, and P. Schausberger. 2006. The predatory mite *Phytoseiulus persimilis* adjusts patch-leaving to own and progeny prey needs. *Experimental and Applied Acarology* 39: 1-11.

CAPÍTULO III. PROPUESTA DE UN CENTRO DE REPRODUCCIÓN DE ÁCAROS DEPREDADORES PARA EL CONTROL DE ÁCAROS PLAGA DEL PAPAYO

Resumen

El control biológico de *Tetranychus merganser* Boudreaux en la zona productora de papayo en Veracruz, es una alternativa al control químico que debe ser implementada. Para ofrecer el control biológico de ácaros plaga con ácaros depredadores se requiere producir estos organismos benéficos de manera masiva. Se planteó como objetivo evaluar la viabilidad técnica y económica del establecimiento de un centro de reproducción de ácaros depredadores para el control biológico de ácaros plaga de papayo en el Centro de Veracruz. Se elaboró un proyecto para la producción masiva del ácaro depredador *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot, se calculó la tasa interna de rentabilidad (TIR), valor actual neto (VAN) y beneficio/costo B/C para conocer la viabilidad económica en un horizonte de cinco años y con variaciones de precio de producto (MX\$1000.00, 1250.00 y 1500.00 ha⁻¹). Se realizó una encuesta a productores para conocer su opinión con relación al producto. El proyecto es rentable, ya que se obtuvieron valores de TIR de 41.5, 115.6 y 187.2%; VAN de MX\$411 368.00, 1 633 913.00 y 2 837 815.00, respectivamente para los tres precios de producto; la relación beneficio/costo va de 1.01 en el primer año con el precio más bajo de producto, a 1.83 con el precio más alto en el quinto año. Los acaricidas regionales utilizados, principal competencia de un producto de control biológico, son dicofol, abamectina, óxido de fembutatín e imidacloprid. El 61.4% de los productores está dispuesto a utilizar el control biológico de ácaros a un costo de MX\$1000.00 ha⁻¹. El éxito de un proyecto como el evaluado depende de una producción en coordinación con asociaciones de productores de papaya, debido a que este producto no puede ser almacenado por largos períodos de tiempo.

Palabras clave: *Phytoseiulus persimilis*, *Tetranychus merganser*, viabilidad económica

Abstract

The biological control of *Tetranychus merganser* Boudreaux in the production area of papaya in Veracruz is an alternative to chemical control. To provide biological control of pest mites with predatory mites, is necessary mass production of these beneficial organism. The objective of this research was to evaluate the technical and economic viability of predatory mite reproduction center for biological control of papaya mite pest in Central Veracruz. A project for mass production of the predatory mite *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot was developed estimating the internal rate of return (TIR), actual net value (VAN) and benefit/cost (B/C), to a period of five years, including price variation (MX\$1 000.00, 1 250.00 and 1 500.00 ha⁻¹). Grower' opinion of the product was obtained through a survey. The project is profitable based on obtained TIR values 41.5, 115.6 and 187.2%, and VANs of MX\$411 368.00, 1 633 913.00 and 2 837 815.00, respectively, for the three product prices variations, the benefit/cost ranged from 1.01 at the first year with the lowest price, to 1.83 with the highest price at the fifth year. Regionally used acaricides, the main competition of a biological control product, are dicofol, abamectin, fembutatin oxide and imidacloprid. 61.4% of growers are willing to use biological control of papaya mites at a cost of MX\$1 000.00 ha⁻¹. The success of this company will depend on a coordinated production in accordance to growers associations because predatory mites as a biological control product can't be stored for long periods of time.

Keywords: *Phytoseiulus persimilis*, *Tetranychus merganser*, economic viability

3.1. Introducción

Los ácaros han incrementado su importancia en las zonas productoras de papayo de México debido al uso frecuente de acaricidas para su control (Valencia-Domínguez *et al.*, 2011). Sin embargo en la historia se registran diferentes ejemplos donde el control basado en productos químicos propicia el desarrollo de resistencia por parte de las plagas, además los productos se vuelven no efectivos o se requieren dosis mayores (Van Driesche *et al.*, 2007). Posteriormente se requieren nuevos productos, se incrementan los costos de control y el impacto ambiental se vuelve negativo, con lo que el cultivo termina siendo no rentable.

Abato (2011) determinó la presencia de *Tetranychus urticae* (Koch), *T. merganser* Boudreaux, *Eotetranychus lewisi* (McGregor) y *Eutetranychus banksi* (McGregor) (Acari: Tetranychidae) como ácaros plaga presentes en la zona Centro de Veracruz; así como la presencia de los depredadores *Galendromus helveolus* (Chant) y *Euseius hibisci* (Chant) (Acari: Phytoseiidae). También encontró una relación complementaria entre sus dinámicas poblacionales, lo que indica que existe control por parte de los depredadores sobre los tetraníquidos que forman el complejo también conocido como arañitas rojas. Sin embargo, el control químico tanto de ácaros plaga como de otras plagas y enfermedades puede estar propiciando un desequilibrio al eliminar también a los ácaros depredadores y permitir una reinfestación de arañitas rojas sin sus enemigos naturales.

En el Capítulo I se documentó la capacidad de *T. merganser* para comportarse como plaga en papayo en las condiciones ambientales de la zona productora de Veracruz. En el Capítulo II se mostró que *P. persimilis* tiene la capacidad de alimentarse de todos los estados de desarrollo de *T.*

merganser, aunque los parámetros poblacionales obtenidos indican que no se establecería si se alimenta únicamente de este ácaro. Sin embargo, este depredador puede utilizarse como control biológico por inundación, cuando las poblaciones de depredadores naturales no estén en los niveles adecuados.

Para que el control biológico pueda ser la base del manejo de ácaros plaga en esta zona, esta alternativa debe ser eficiente en el control de la plaga, además de ser un método competitivo en su costo. Actualmente todos los ácaros depredadores utilizados en México para el control de plagas, incluyendo *P. persimilis*, son importados tanto de Holanda como de EUA, a un costo que oscila los MX\$5 000.00 por hectárea, dependiendo de la especie del depredador y de la presentación del producto (considerando que la dosis mínima recomendada en frutales es de 60 000 depredadores ha⁻¹). La producción de un organismo de control biológico requiere de instalaciones adecuadas como lo especifica la NAPPO (2004), a la que México pertenece. Además, deben realizarse procesos meticulosos (SAGARPA, 1999), incluyendo el transporte y la aplicación.

Por lo anterior el presente trabajo tuvo el objetivo de evaluar la viabilidad técnica y económica del establecimiento de un centro de reproducción de ácaros depredadores en la zona productora de papayo del Centro de Veracruz. La SAGARPA se refiere a éstos como Laboratorios Reproductores de Agentes de Control Biológico. En este caso lo llamaremos Centro de Reproducción de Organismos Benéficos (CROB).

3.2. Materiales y Métodos

3.2.1. Rentabilidad Financiera

Para evaluar la viabilidad económica de un CROB se realizó un plan de negocios de acuerdo a Entrepreneur (2006) y Hernández (2006). El plan de negocios permite presentar de manera organizada la forma en que se pretende funcione la empresa, al tomar en cuenta los diferentes factores que inciden en el mismo. El plan de negocios incluye al plan financiero como uno de sus apartados principales, que implica simular a corto y largo plazo las necesidades financieras y su relación con los ingresos planeados. Los costos se obtuvieron de acuerdo a los requerimientos para la cría masiva de ácaros depredadores (SAGARPA, 1999), y a las “Directrices para la construcción y operación de una instalación de contención para insectos y ácaros que se utilizan como agentes de control biológico” (NAPPO, 2004), se planearon y presupuestaron las necesidades de instalaciones, equipo, consumibles y personal, así como los ciclos productivos. Se planearon cuatro naves en producción escalonada. Los cálculos se hicieron para un horizonte de cinco años con una duración mínima de cada ciclo productivo de dos meses. Debido a que se trata de organismos vivos, se manejó un factor de eficiencia del 80% en el proceso productivo y del 90% en el transporte. Se aplicó también un incremento del 5% anual en los costos y precios de venta por inflación.

Con los datos anteriores se hicieron corridas de procesos, con cálculos de costos e ingresos para obtener los indicadores: tasa interna de rentabilidad (TIR), valor actual neto (VAN) y beneficio/costo B/C con un horizonte de cinco años. Estos indicadores son los más utilizados

para conocer la viabilidad económica de la empresa (Torres *et al.*, 2009; Terrones y Sánchez, 2011). Los cálculos fueron realizados mediante el programa Excel (Office para Windows, 2010).

3.2.2. Estudio de mercado

Un plan de negocios incluye el análisis o estudio de mercado como uno de sus componentes principales; tiene como fin definir el tamaño total del mercado, estimar el volumen del producto o servicio que se comercializará, definir el segmento del mercado al cual se enfocará la empresa e identificar la competencia tanto directa como indirecta (Hernández, 2006). Para lo anterior se realizó una encuesta a 20 productores pertenecientes al Consejo Estatal de Productores de Papayo del Estado de Veracruz, A. C., y a 24 productores no asociados. La encuesta (Anexo C) contó con una sección relativa con información del productor, del predio, de su posición ante la contaminación ambiental por el uso de plaguicidas y de aceptación o rechazo al uso del producto de control biológico, lo que define el tamaño de mercado objetivo.

Debido a que la actitud ambientalista pudiera influir positiva o negativamente en el mercado, se incluyeron dos preguntas a este respecto. Para ello se utilizó la técnica de escalamiento tipo Likert (Hernández *et al.*, 2008), en la que se presentan afirmaciones calificadas por los encuestados bajo la siguiente escala: muy de acuerdo (5), de acuerdo (4), ni de acuerdo ni en desacuerdo (3), en desacuerdo (2) y muy en desacuerdo (1). El análisis de estas respuestas se hizo mediante la fórmula:

Calificación = Suma total de puntos / (número de afirmaciones) * (número de cuestionarios).

Se considera positiva cuando es mayor a 3 y negativa si es menor a 3 (Hernández-Castro *et al.*, 2008).

3.2.3. Estudio de la competencia

Para conocer los productos competencia de nuestro producto se realizó una encuesta a casas distribuidoras de agroquímicos en la zona productora de papaya del estado de Veracruz (Cotaxtla, Soledad de Doblado, La Antigua y Xalapa, Anexo D).

Costos dirigidos al control de ácaros

También se realizó una encuesta de costos de producción de papayo dirigida a pequeños (0 a 3 ha), medianos (4 a 19 ha) y grandes productores (más de 20 ha cultivadas), con el objetivo de conocer la proporción de los costos de producción que destinan al control de ácaros.

3.3. Resultados y Discusión

3.3.1. Rentabilidad financiera

Los costos de inversión para el CROB ascienden a MX\$1 232 620.00, e incluyen el costo de terreno, las cuatro naves, así como equipo de laboratorio e instalaciones adecuadas para el manejo, empaque y almacenaje del producto entre otros. Se considera también la adquisición de equipo que garantice la energía eléctrica en caso de fallos en el suministro por parte del servicio contratado. Los costos fijos y variables se presentan por año en el Cuadro 3.1.

Cuadro 3. 1. Costos variables y fijos de la producción masiva de ácaros depredadores para el control de ácaros plagas de papayo en un horizonte de cinco años en Veracruz, México.

Año	Costos variables (MX\$)	Costos fijos (MX\$)	Total (MX\$)
1	288 010.00	1 043 642.00	1 331 652.00
2	322 518.00	1 095 824.00	1 418 342.00
3	328 468.88	1 150 615.31	1 479 084.18
4	341 442.54	1 208 146.07	1 549 588.61
5	355 012.80	1 254 661.87	1 609 674.68

Se plantearon los escenarios con precio por hectárea tratada con depredadores de MX\$1 000, 1 250 y 1 500, considerando que se requieren seis dosis de 10 000 depredadores. También se plantearon los escenarios en donde las ventas de producto son del 50, 75 y 100%.

La tasa de rendimiento mínima aceptada fue de 11.7%, compuesta por la tasa de rendimiento en cetes (certificados de la tesorería del gobierno mexicano) a plazo anual cotizados en julio de 2012 y ajustada por la inflación (0.7%), tasa de riesgo de la tasa de intereses (3%), tasa de riesgo del país (2%), tasa de riesgo del sector (3%) y tasa de riesgo del proyecto (3%). Se encontró una TIR que va de 41.5% con el precio de producto más bajo, a 187.21% con el precio de venta del producto más alto y ventas al 100%; en todos los casos existe una considerable diferencia con la tasa mínima aceptada. En estos casos, un proyecto es aceptable si la TIR es igual o mayor a la tasa de rendimiento mínima aceptable (Torres *et al.*, 2009). En el Cuadro 3.2 se presentan los valores de la TIR, VAN y relación costo/beneficio de dichos escenarios.

Cuadro 3. 2. Indicadores de factibilidad económica de la producción masiva de ácaros depredadores para el control de ácaros plaga de papayo en Veracruz, México.

Indicador	MX\$1000.00 ha ⁻¹			MX\$1250.00 ha ⁻¹			MX\$1500.00 ha ⁻¹		
TIR	41.5%			115.6%			187.2%		
(ventas 100%)									
VAN	MX\$411 368.00			MX\$1 633 913.00			MX\$2 837 815.00		
(ventas 100%)									
Relación	Ventas (%)			Ventas (%)			Ventas (%)		
Beneficio/Costo	50	75	100	50	75	100	50	75	100
Año 1	0.51	0.76	1.01	0.63	0.95	1.27	0.76	1.13	1.51
Año 2	0.62	0.93	1.24	0.78	1.17	1.55	0.93	1.39	1.86
Año 3	0.60	0.90	1.20	0.75	1.13	1.51	0.90	1.35	1.80
Año 4	0.60	0.90	1.21	0.76	1.13	1.51	0.90	1.35	1.81
Año 5	0.61	0.91	1.22	0.76	1.14	1.53	0.91	1.37	1.83

El VAN se entiende como la suma de los valores actualizados de todos los flujos netos de caja esperados del proyecto, deducido el valor de la inversión inicial. El criterio de decisión es el siguiente: si un proyecto de inversión tiene un VAN positivo, el proyecto es rentable. Entre dos o más proyectos, el más rentable es el que tenga un VAN más alto. El VAN calculado para los diferentes precios de producto es positivo, lo que indica proyectos rentables si las ventas son del 100%.

La relación beneficio/costo muestra que el proyecto es rentable con el costo de producto más bajo (MX\$1000.00 dosis⁻¹ ha⁻¹) si se logra el 100% de ventas del producto. Con los precios

MX\$1250.00 y MX\$1500.00 dosis⁻¹ ha⁻¹ el proyecto es rentable incluso aunque las ventas del producto sean del 75%, pero no lo es si las ventas son del 50%. La relación beneficio/costo mejora después del primer año.

Los tres indicadores (TIR, VAN y B/C) muestran que el proyecto sería económicamente viable si se produjeran los organismos de control biológico con 80% de eficiencia.

Soto *et al.* (2010) utilizan estos mismos tres indicadores con valores ligeramente menores a los obtenidos aquí; con ello reconocen a la empresa evaluada como económicamente viable. De igual manera manejan un horizonte de cinco años por considerar que este es tiempo suficiente para la consolidación de la empresa, mientras que en este proyecto, con 75% de ventas y precios medios la rentabilidad se garantiza al segundo año.

El costo más bajo de producto (MX\$1000.00 ha⁻¹) coincide con el costo que más productores están dispuestos a pagar por el control de ácaros, por lo que esta empresa deberá buscar la mayor cantidad de ventas posibles para ofrecer precios bajos.

3.3.2. Estudios de mercado

a) Características de los productores

Dentro de los 44 productores entrevistados la edad promedio es de 53.2 años, y sólo hubo una mujer. La escolaridad promedio fue de 4.8 años (quinto de primaria): esto explica que sean pocos los productores que llevan bitácoras de sus actividades, costos e ingresos del cultivo. La

experiencia promedio en el cultivo fue de 13.7 años; cabe mencionar que, algunos productores cultivan de manera intermitente, por lo que su experiencia se ve interrumpida. Los pequeños productores manifiestan pocos años de experiencia, aunque en algunos casos ya contaban con algunos años de experiencia en el cultivo de papaya tipo cera. De los pertenecientes a una asociación de productores, 75% afirma que la razón de estar asociado es tener acceso a financiamiento y 25% indican que es para mejorar su productividad.

b) Características de los predios

Los predios de los productores entrevistados se encuentran en los municipios de Puente Nacional, Cotaxtla, Actopan, Soledad de Doblado, Medellín y Jamapa en el estado de Veracruz. La extensión promedio es 3.6 ha. Diecinueve de estos predios están bajo sistema de temporal, dos con riego rodado y 23 con riego por goteo con uso de cintilla. La producción del 22.7% de los predios es para mercado local, 47.7% para el mercado regional, 27.3% para el nacional y sólo el 2.3% para exportación. La producción promedio que mencionan los productores es de 46.5 ton⁻¹, con un precio promedio de MX\$2.91 kg⁻¹ de fruto. El poco control de las condiciones de humedad de suelo que enfrentan gran parte de los productores veracruzanos entrevistados, la baja disponibilidad de superficie para el cultivo, explican en parte que ni la calidad ni el volumen de producción de fruto alcance estándares amplios de exportación.

Los productores opinan que los principales problemas son la inestabilidad del precio de venta, las plagas, el financiamiento, el agua, la disponibilidad de mano de obra, el costo de los insumos y la falta de organización. La inversión promedio es de MX\$57 561.36 ha⁻¹. Como problemas fitosanitarios mencionan en orden de importancia a los virus (PRSV-P), la pelazón de fruto

[*Colletotrichum gloeosporioides* (Penz) Penz y Sacc.], los ácaros y en menor medida la pudrición de tallo, chicharritas, pulgones y daños por sol. El productor que mencionó daños por sol maneja la variedad Lenia, que posee follaje menos cerrado, por lo que entre sus actividades se incluye proteger los frutos con papel para minimizar el daño. La dependencia del mercadeo por la vía del intermediarismo, la baja calidad de la fruta por presencia de pelazón y anillos virales, así como su falta de organización, los enfrenta a la inestabilidad de precios indicada, lo que también les limita el acceso a mercados internacionales.

El 61.4% recibe asesoría por parte de las compañías distribuidoras de agroquímicos, aunque ésta es por consulta sin que el técnico vaya a campo. El 25% manifiesta recibir asesoría por parte de alguna institución como INIFAP, Colegio de Postgraduados o similares, 2.3% lo hace de manera privada y el 11.4% afirma no recibir asesoría alguna. En este último caso el productor recibe consejos aislados de los demás productores. Nuevamente, la falta de organización los hace presa fácil de las compañías de agroquímicos.

Los productos acaricidas que mencionan los productores que más adquieren son AK-20 (dicofol), Agrimec (abamectina), Talstar (bifentrina), Dicofol (dicofol), Azadirect (azadiractina), Torque (óxido de fenbutatín), Avolant (fenpyroximate) y Confidor (imidacloprid). La preferencia por los diferentes productos depende principalmente de la efectividad que el productor haya comprobado del producto y del precio del mismo. Los principales centros de venta de estos acaricidas se encuentran en Cardel, municipio de La Antigua y en Cotaxtla, municipio de Cotaxtla. Un 54.5% menciona que aplica si ven daño en muchas plantas, 43.2% aplica cuando ven ácaros en algunas plantas y sólo 2.3% aplica si cuenta una cantidad alta de ácaros en varias plantas. La tolerancia del productor a la presencia de ácaros plaga es muy baja.

c) Actitud ambientalista de productores

Los productores tienen una actitud positiva (3.97 en escala Likert) en relación a la consciencia sobre el daño que causan los plaguicidas en el ambiente, y apoyan que se deben buscar formas más sanas de producir, sin causar daños al ambiente.

En cuanto a quién debe pagar por los daños causados al ambiente por los plaguicidas, 52% creen que todos deberíamos pagarlo, el 18.2% dice que el gobierno, y 11.36% que el consumidor, aunque 18.2% opina que nadie debería pagar los daños al ambiente. A pesar de que existe consciencia del daño que se causa al ambiente por el uso de plaguicidas, la necesidad de llevar a buen término su inversión impide que minimicen su uso. Además, opinan que para reparar cualquier daño ambiental la vía más factible podría ser mediante subsidios pagados por todos vía impuestos nacionales, e incluso impuestos locales aplicables durante el estibado o empacado de la fruta.

d) Estudios de la competencia

La encuesta a empresas de plaguicidas mostró que se ofrecen 31 diferentes productos para el control de ácaros en la región; sin embargo, AK-20, Agrimec, Talstar y Confidor representan 42.2% de las ventas totales.

e) Del producto de control biológico

El 77.3% de los productores entrevistados no conoce el concepto de control biológico y ninguno ha aplicado algún tipo de control biológico en papayo. Sin embargo, en general se muestran abiertos a probarlo; 61.4% está dispuesto a utilizar el control biológico de ácaros si se les garantiza una efectividad similar a la de los plaguicidas que usan; 11.1% pagaría hasta MX\$500.00 por este control, 63.0% hasta MX\$1000.00, 22.2% hasta MX\$2000.00 y 3.7% hasta MX\$3 000.00.

f) Costos dirigidos al control de ácaros

En el sistema más aproximado al que usan los productores medianos, Guillén-Sánchez (2000) calculó un costo de MX\$70 000.00 ha⁻¹. Además del incremento del costo de insumos, en el presente estudio se incluyó el costo de administración por parte de los productores, así como los costos de transporte de insumos y una modalidad en la venta del producto que está apareciendo recientemente, donde el productor carga con el costo de corte y empaque, y el intermediario agrega este costo al precio del producto.

Puede notarse una amplia diferencia en cuanto a inversión en la producción por hectárea entre los pequeños productores, y los medianos o grandes productores. Esta gran diferencia está dada por los diferentes sistemas de producción. Para los pequeños productores el sistema es de temporal, en tanto para medianos y grandes productores el sistema es de riego, el cual puede ser rodado o por goteo con el uso de cintilla. El sistema de riego implica mayor inversión pero se ve compensado con una mayor producción. Así, los pequeños productores mencionan producciones

por debajo de 20 ton ha⁻¹, los medianos y grandes de aproximadamente 100 ton ha⁻¹. La proporción de costos que se utiliza en el control de ácaros va de 6.9 al 10.5%. En el Cuadro 3.3 se resume el costo de producción de los tres diferentes tipos de productores contemplados en este estudio.

Cuadro 3.3. Costo total de producción, de control de plagas y de aplicación de acaricidas por tipo de productor en papayo en el Centro de Veracruz.

Tipo de productor	Total ha ⁻¹	Costos ha ⁻¹ (MX\$)				Porcentaje del costo total
		Control plagas ha ⁻¹	Acaricidas	Aplicación acaricidas ha ⁻¹	Aplicación+ acaricidas	
Pequeño	18 780	5 016	964	333	1 297	6.91
Mediano	140 107	47 407	11 214	3 533	14 748	10.53
Grande	170 065	63 194	12 245	4 100	16 345	9.62

La proporción del costo de producción por hectárea utilizado es 26.7, 33.8 y 37.2% para productores pequeños, medianos y grandes respectivamente. La aplicación del control depende en gran medida de la disponibilidad de recursos económicos de los pequeños productores. En el caso de productores medianos y grandes, debido a la gran inversión evitan poner en riesgo su cultivo, por lo que al menor indicio de la presencia de cualquier plaga realizan aplicaciones de plaguicidas.

Posiblemente, debido a las grandes inversiones que los productores hacen en el control de plagas y específicamente en el control de ácaros, podría explicar su disponibilidad a nuevas formas de control, al respecto Hernández-Castro *et al.* (2008), mencionan que el interés de los productores está asociado a elementos que responden a sus necesidades e idiosincrasia.

La producción de un organismo para control biológico presenta la desventaja de no poder ser almacenado por largo tiempo en comparación a los acaricidas. Esto implica que se deben programar su producción y aplicación de manera precisa. Para lo anterior, se requiere un plan de acción desde que se inicia el cultivo, en coordinación con las aplicaciones de otros plaguicidas. Actualmente las compañías que introducen depredadores al país hacen su producción bajo pedido.

Una coordinación entre productores de papaya y empresarios productores de organismos para control biológico requiere de compromisos que sólo se pueden establecer con grupos de productores correctamente asociados. Con la finalidad de lograr mayor eficiencia del producto, no sólo se debe ofrecer el organismo, sino también la aplicación y seguimiento de la misma. Por tanto el producto a ofrecer sería un paquete del manejo biológico del complejo de ácaros plaga.

Existe una creciente demanda de organismos de control biológico en México (Rodríguez-del-Bosque y Arredondo-Bernal, 2007). Martínez *et al.* (2011) encontraron que los productos agrícolas orgánicos tienen un mercado amplio tanto en México como en el extranjero, lo que garantiza en gran medida su éxito. La producción de frutos orgánicos o con bajos niveles de residuos de plaguicidas es un aliciente para minimizar el uso de acaricidas y permitir el uso de depredadores. Algunos productores de papaya ya visualizan la producción de papaya orgánica, donde el producto de control biológico que se propone jugaría un papel importante. Otra condición que favorecería el uso del control biológico sería un incentivo económico vía subsidio ambiental por parte del gobierno para los productores que usen depredadores.

Montaño (2005) asegura que actualmente la mercadotecnia debe estar presente desde el diseño del producto hasta el servicio posterior a la venta, con la finalidad de conservar e incrementar la clientela, por lo que es necesario un buen proceso de mercadotecnia. Se deben realzar las bondades que ofrece el producto, relacionados con la disminución en el uso de acaricidas, que se traduce en menores daños al ambiente, al trabajador agrícola y al consumidor.

3.4. Conclusiones

La producción de ácaros depredadores para el control biológico de ácaros plaga en la zona centro de Veracruz es económicamente viable. La competencia más fuerte de un producto para control biológico son los acaricidas, principalmente dicofol, abamectina, óxido de fembutatín e imidacloprid. Los productores se encuentran en general conscientes del daño que los plaguicidas causan al ambiente y están dispuestos al uso del control biológico si éste muestra una efectividad similar a la de los productos químicos. Incluso, la mayoría se encuentran dispuestos a pagar hasta MX\$1 000.00. Debido a que un producto que contenga ácaros depredadores en estado adulto no puede almacenarse por periodos largos de tiempo, la producción debe hacerse de forma programada.

3.5. Literatura Citada

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

Entrepreneur. 2006. Plan de negocios. En línea:<http://www.soyentrepreneur.com/home/index.php?idNota=1062&p=nota>. (Consultada: 13/12/2011).

- Guillén-Sánchez, D. 2000. Plagas y enfermedades del papayo. En: Fuentes-Dávila G., y G. Castillo-Ponce (eds.). 2000. Fitosanidad de Cultivos Tropicales. Sociedad Mexicana de Fitopatología A. C. pp. 46-53.
- Hernández G., J. J. 2006. Guía para Elaborar un Plan de Negocios. UPDCE-IPN. Unidad Politécnica para el Desarrollo y la Competitividad Empresarial. Instituto Politécnico Nacional. 38 p.
- Hernández S., R., C. Fernández-Collado, y P. Bautista L., 2008. Metodología de la Investigación. 4a Ed. Editorial McGraw Hill Interamericana, México. 850 p.
- Hernández-Castro, E., J. P. Martínez-Dávila, F. Gallardo-López, y J. A. Villanueva-Jiménez. 2008. Aceptación de una nueva tecnología por productores ejidales para el manejo integrado del cultivo del papayo. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 8 (3): 279-288.
- Martínez S., G. M., J. Oaxaca T., y R. Guerra M. 2011. Productos orgánicos; agronegocio exitoso en México. *Revista Mexicana de Agronegocios* XV (28): 503-513.
- Montaño S., F. A. 2005. *Mercadotecnia. Investigación y Análisis para el Éxito*. Editorial Trillas. México. 352 p.
- NAPPO. 2004. Norma Regional sobre Medidas Fitosanitarias No. 22. Directrices para la construcción y operación de una instalación de contención para insectos y ácaros que se utilizan como agentes de control biológico. Secretaría de la Organización Norteamericana de Protección de las Plantas. Ottawa, Ontario, K1A 0C6 Canadá. 10 p.
- Rodríguez-del-Bosque, L. A., y H. C. Arredondo-Bernal (eds.). 2007. *Teoría y Aplicación del Control Biológico*. Sociedad Mexicana de Control Biológico, México. 303 p.
- SAGARPA. 1999. Taller de cría masiva de ácaros fitoseidos. Centro Nacional de Referencia de Control Biológico-Instituto de Fitosanidad. Colegio de Postgraduados-Sociedad Mexicana de Control Biológico. Montecillo, Texcoco, Edo. de México. 12 y 13 de agosto de 1999. 45 p.
- Soto Z., M., E. Magaña M., C. M., Kiessling D., L. P., Licon T., J. Hernández S., y V. H. Villarreal R. 2010. Análisis de mercado económico y financiero para instalar un centro de acopio y envasado de miel en Delicias, Chihuahua, México. *Revista Mexicana de Agronegocios* XIV(27): 360-373.

- Torres S., G., V. H. Prado V., y M. P. Rivera E. 2009. Evaluación Financiera de dos sistemas de riego, goteo y gravedad en el cultivo de caña de azúcar en Zapotiltic Jalisco, México (Parte I). *Revista Mexicana de Agronegocios* XIII (24): 798-806.
- Terrones C. A., y Y. Sánchez T. 2011. Análisis de la rentabilidad económica de la producción del jitomate bajo invernadero En Acaxochitlán, Hidalgo. *Revista Mexicana de Agronegocios* XV(29): 752-761.
- Valencia-Domínguez, H. M., G. Otero-Colina, M. T. Santillán-Galicia, y E. Hernández-Castro E. 2011. Acarofauna en papaya var. Maradol (*Carica papaya* L.) en el estado de Yucatán, México. *Entomotrópica* 26(1): 17-30.
- Van Driesche, R. G., M. S. Hoddle, y T. D. Center. 2007. Control de plagas y malezas por enemigos naturales. United States Department of Agriculture and Forest Service. Florida, USA. 751 p.

CONCLUSIONES GENERALES

El control de plagas representa uno de los mayores costos de producción en papayo en la zona Centro de Veracruz, y los ácaros han acrecentado su importancia, resultando su control entre 6.9 y 10.5% del costo total de producción. Debido a que el control de plagas basado únicamente en productos químicos puede propiciar la generación de resistencia así como que plagas hasta ahora secundarias se conviertan en problemas fuertes además de efectos nocivos al ambiente y al ser humano, es necesario implementar nuevas formas de abatir las poblaciones de ácaros plaga que puedan incluirse en el manejo integrado de los mismos, donde destaca el uso de ácaros depredadores.

En un estudio previo al presente se encontró a *Tetranychus merganser* Boudreaux formando el complejo de arañitas rojas junto con *T. urticae* Koch, *Eotetranychus lewisi* McGregor y *Eutetranychus banksi* McGregor. *T. merganser* ha incrementado su importancia en años recientes al ampliar su gama de hospederos, incluyendo cultivos de importancia económica como nopal y papayo; sin embargo, existe poca información acerca de su biología.

Tetranychus merganser puede comportarse como plaga sobre papayo en condiciones similares a las condiciones ambientales de la zona productora de papayo en Veracruz. Lo anterior se sustenta en los valores obtenidos de su tasa neta reproductiva (R_0), la tasa intrínseca de crecimiento (r_m) y tasa finita de crecimiento poblacional (λ), que muestran un mejor desarrollo entre 23 y 27 °C. La duración de su ciclo de vida se acorta de 52.2 a 12.9 días al incrementar la temperatura de 19 a 35 °C, aunque a esta última temperatura ya no se obtuvieron huevos viables. Los parámetros poblacionales de *T. merganser* indican que el papayo no es su hospedero más adecuado.

El fitoseido *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot, es el depredador comercial especializado en el género *Tetranychus*. *P. persimilis* se alimentó de todos los estados de desarrollo de *T. merganser*, siendo siempre letal. Consumió 8.55 (± 1.73) huevos, 6.56 (± 1.41) larvas, 4.05 (± 1.75) ninfas y 0.98 (± 1.13) adultos en 24 h a 27 °C, 60% de humedad relativa y fotoperiodo de 14:10 h luz: oscuridad. Estos resultados confirman investigaciones previas, en donde los depredadores especialistas prefieren los estados más inmaduros.

Sin embargo, los parámetros poblacionales obtenidos de *P. persimilis* alimentado con *T. merganser* sobre papayo muestran que el depredador no se establecería debido principalmente a que tiene una baja oviposición (5.14 huevos por hembra). Debido a que este depredador se alimenta de *T. merganser* en todos sus estados, podría ser utilizado contra este tetraníquido en aplicaciones inundativas en papayo de manera similar a como se aplica un acaricida.

En la evaluación de la factibilidad económica y técnica de implementar un laboratorio para la reproducción masiva de un ácaro depredador, los indicadores utilizados para evaluar la rentabilidad fueron aceptables, por lo que se considera un proyecto rentable. La tasa interna de rentabilidad (TIR) fue del 84.4%, el valor actual neto (VAN) fue positivo y la relación beneficio/costo fue de 1.14, 1.39, 1.51, 1.45 y 1.41 para los primeros cinco años.

Los productores de papayo tienen consciencia de los daños causados al ambiente por el uso excesivo de plaguicidas. Sin embargo, debido a la alta inversión que representa el cultivo, recurren de inmediato a los acaricidas al detectar la presencia de ácaros en el cultivo. Aunque 77.3% de los productores no conoce el concepto de control biológico 61.4% estaría dispuesto a

utilizarlo y 63% pagaría hasta MX\$1 000.00 ha⁻¹ por este control. Los principales acaricidas con que competiría un producto de control biológico son dicofol, abamectina, óxido de fembutatín e imidacloprid, que son los más utilizados por los productores entrevistados.

Debido a que un producto de control biológico como un depredador no puede ser almacenado por grandes periodos de tiempo, su producción debe ser programada. Por ello el producto a vender sería un paquete de control biológico de ácaros, que incluya la aplicación o asesoría de la misma desde el inicio del cultivo. Los factores que favorecerían el éxito de esta forma de control serían el establecimiento de contratos con organizaciones de productores, así como políticas que busquen favorecer la producción de frutos de papayo con menor uso de plaguicidas.

ANEXOS

Anexo A. Resúmenes de las tablas de vida de *Tetranychus merganser* a diferentes temperaturas sobre papayo.

Resumen de la tabla de vida de *Tetranychus merganser* a 19° C 60 % HR y 14:10 h luz: oscuridad

	X	nx	dx	qx	Lx	Tx	ex	1x	hx	mx	lx	lx mx	lx mx x
Huevo	1	118	0	0.000	118	6152	52.14	1.000	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000
.
Larva	27	117	0	0.000	117	3091	26.41	0.992	0.000	0.000	0.992	0.000	0.000
.
Protoninfa	40	107	5	0.047	104.5	1586	14.82	0.907	281.0	2.626	0.907	2.381	95.254
.
Deutoniinfa	54	67	1	0.015	66.5	402.5	6.007	0.568	94.00	1.403	0.568	0.797	43.017
.
Adulto	64	8	3	0.375	6.5	51	6.375	0.068	6.000	0.750	0.068	0.051	3.254
.
	81	0	0								0.000	0.000	0.000

Resumen de la tabla de vida de *Tetranychus merganser* a 23° C, 60 % HR y 14:10 h luz: oscuridad

	X	nx	dx	qx	Lx	Tx	ex	1x	hx	mx	lx	lx mx	lx mx x
Huevo	1	131	0	0.000	131	3384	25.83	1.000	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000
.
Larva	13	131	0	0.000	131	1812	13.83	1.000	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000
.
Protoninfa	19	131	0	0.000	131	1026	7.828	1.000	1023	7.809	1.000	7.809	148.374
.
Deutoniinfa	24	88	8	0.091	84	405	4.602	0.672	883	10.03	0.672	6.740	161.771
.
Adulto	29	35	11	0.314	29.5	75.5	2.157	0.267	247	7.057	0.267	1.885	54.679
.
	37	0	0								0.000	0.000	0.000

Resumen de la tabla de vida de *Tetranychus merganser* a 27° C, 60 % HR y 14:10 h luz: oscuridad

	X	nx	dx	qx	Lx	Tx	ex	1x	hx	mx	lx	lx mx	lx mx x
Huevo	1	57	0	0	57	1452	25.46	1.000	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000
.
Larva	9	56	1	0.018	55.5	1001	17.88	0.982	0.000	0.000	0.982	0.000	0.000
.
Protoninfa	12	55	1	0.018	54.5	835.5	15.19	0.965	197	3.582	0.965	3.456	41.474
.
Deutoniinfa	15	54	3	0.056	52.5	673	12.46	0.947	149	2.759	0.947	2.614	39.211
.
Adulto	19	49	2	0.041	48	470.5	9.602	0.860	111	2.265	0.860	1.947	37.000
.
	42	0	0									0.000	0.000

Resumen de la tabla de vida de *Tetranychus merganser* a 31° C, 60 % HR y 14:10 h luz: oscuridad

	X	nx	dx	qx	Lx	Tx	ex	1x	hx	mx	lx	lx mx	lx mx x
Huevo	1	119	0	0	119	1316	11.05	1.000	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000
.
Larva	7	107	6	0.056	104	610.5	5.706	0.899	2.000	0.019	0.899	0.017	0.118
.
Protoninfa	10	83	0	0.000	83	331.5	3.994	0.697	174	2.096	0.697	1.462	14.622
.
Deutoniña	13	26	7	0.269	22.5	151.0	5.808	0.218	91	3.500	0.218	0.765	9.941
.
Adulto	17	13	3	0.231	11.5	84.5	6.500	0.109	57	4.385	0.109	0.479	8.143
.
	35	0	0								0.000	0.000	0.000

Resumen de la tabla de vida de *Tetranychus merganser* a 33° C, 60 % HR y 14:10 h luz: oscuridad

	X	nx	dx	qx	Lx	Tx	ex	1x	hx	mx	lx	lx mx	lx mx x
Huevo	1	134	1	0.007	133.5	1150	8.582	1.000	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000
.
Larva	6	87	15	0.172	79.5	558.5	6.420	0.649	0.000	0.000	0.649	0.000	0.000
.
Protoninfa	9	49	5	0.102	46.5	357.5	7.296	0.366	24	0.490	0.366	0.179	1.612
.
Deutoniña	12	36	2	0.056	35	232	6.444	0.269	93	2.583	0.269	0.694	8.328
.
Adulto	17	21	2	0.095	20	93.5	4.452	0.157	48	2.286	0.157	0.358	6.090
.
	26	0	0								0.000	0.000	0.000

Resumen de la tabla de vida de *Tetranychus merganser* a 35° C, 60 % HR y 14:10 h luz: oscuridad

	X	nx	dx	qx	Lx	Tx	ex	1x	hx	mx	lx	lx mx	lx mx x
Huevo	1	121	4	0.033	119	680.5	5.624	1	0				
.
Larva	4	107	1	0.009	106.5	338.5	3.164	0.884	0				
.
Protoninfa	8	26	6	0.231	23	43	1.654	0.215	0				
.
Deutoniña	11	3	1	0.333	2.5	5.5	1.833	0.025	0				
.
Adulto	13	1	0	0	1	1.5	1.5	0.008	0				
.
	15	0	0										

Anexo B. Resumen de la tabla de vida de *Phytoseiulus persimilis* a 27 °C alimentado con *Tetranychus merganser* sobre hojas de papayo.

Resumen de la tabla de vida de *Phytoseiulus persimilis* a 27° C, 60 % HR y 14:10 h luz: oscuridad

	X	nx	dx	qx	Lx	Tx	ex	1x	hx	mx	lx	lx mx	lx mx x
Huevo	1	109	0	0.000	109	3492	32.03	1.000	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000

Larva	5	109	1	0.009	108.5	3056	28.03	1.000	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000

Protoninfa	10	99	0	0.000	99	2532	25.57	0.908	0.000	0.000	0.908	0.000	0.000

Deutoniña	17	96	0	0.000	96	1850	19.27	0.881	0.000	0.000	0.881	0.000	0.000

Adulto	26	95	0	0.000	95	989.5	10.42	0.872	12	0.126	0.872	0.110	2.862

	43	0	0								0.000	0.000	0.000

Anexo C. Instrumento de investigación del tamaño de mercado de un producto biocontrolador de ácaros plaga de papayo en Veracruz.

DEL PRODUCTOR: Fecha: _____

Nombre: _____

Dirección: _____

Calle	Núm.	Colonia	Municipio
-------	------	---------	-----------

Teléfono: _____ Edad: _____

Escolaridad (seleccione una): *Primaria 1, 2, 3, 4, 5, 6* *Secundaria 1, 2, 3* *Preparatoria 1, 2, 3*

Licenciatura _____, Maestría _____, Doctorado _____.

¿Cuánto tiempo tiene sembrando papayo? _____ años.

¿Pertenece a alguna Asociación de Productores?: Si _____ No _____

En caso afirmativo, ¿Cuál? : _____

Para que se organizan: _____

DEL PREDIO:

Ubicación: Comunidad: _____ Municipio: _____

Variedad sembrada: _____ Época de siembra: _____ Extensión: _____ has.

Sistema de cultivo: Riego rodado _____ Riego por goteo _____ Temporal _____ Combinado: _____

Destino de su producción: Local, Regional, Nacional, Exportación (a dónde) _____

Producción de la última huerta en toneladas por hectárea: _____

¿Cuál fue el precio más común?: _____

¿Cuáles son los tres principales problemas en la producción? 1ro) _____
2do) _____, 3ro) _____

¿Cuánto invirtió en la producción en su última huerta? _____

Principales problemas de plagas: 1ro) _____
2do) _____, 3ro) _____

¿Recibe asesoría para controlar plagas? Si _____ No _____ Si, Tipo de asesor:
____Compañía de agroquímicos, ____Distrito/SAGARPA, ____Asesor privado,
____INIFAP, Colegio de Postgraduados, ITA o UV, ____Otro (indique) _____

¿Tiene problemas con ácaros? Si _____ No _____

¿Cuánto invirtió en aplicación de acaricidas (producto y aplicación)? _____

¿Qué acaricidas utiliza?

Acaricida	Dosis/ha	Costo por unidad	Frecuencia de uso	Costo de aplicación	Costo total

¿Dónde adquiere sus acaricidas? _____

¿Cómo decide cuándo aplicar un acaricida?

a) El asesor lo sugiere con base en un muestreo _____,

b) El asesor sugiere un calendario de aplicación _____,

c) Aplico si veo daño en muchas plantas _____,

d) Aplico en cuanto veo ácaros en algunas plantas _____,

e) Aplico si cuento una cantidad alta de ácaros en varias plantas _____,

f) Aplico cada tanto tiempo en la época seca, sin fijarme en el daño o el número de ácaros presentes _____,

g) Aplico cada tanto tiempo durante todo el cultivo _____,

h) No aplico contra ácaros _____.

¿Cuánto gasta por hectárea en plaguicidas? _____,

¿Y cuánto gasta por hectárea en acaricidas? _____

¿Cuál es el porcentaje de ácaros que usted estima que se mueren en cada aplicación?

20-50% _____ 50-70% _____ 70-90% _____ 100% _____

¿Cuánto paga por jornal de aplicación de plaguicidas? _____

¿Cuánto paga por jornal por labores de cultivo? _____

De las siguientes afirmaciones indique su grado de conformidad

Los plaguicidas dañan el ambiente

a) Muy de acuerdo__ b) De acuerdo__ c) Ni de acuerdo ni en desacuerdo__ d) En desacuerdo__ e) Totalmente en desacuerdo__

Deben buscarse nuevas tecnologías para seguir produciendo y no dañar más el ambiente

a) Muy de acuerdo__ b) De acuerdo__ c) Ni de acuerdo ni en desacuerdo__ d) En desacuerdo__ e) Totalmente en desacuerdo__

¿Quién cree que debería pagar por los daños ocasionados al ambiente?

a) El productor__ b) El intermediario__ c) El consumidor__ d) El gobierno__ Todos los anteriores__ f) Nadie__

DEL PRODUCTO

¿Conoce el control biológico? Si _____ No _____

¿Ha empleado algún tipo de control biológico en papayo? Si _____ No _____

Si, ¿Cuál? _____

NOTA:

El control biológico es el uso de enemigos naturales de las plagas, para mantenerlas bajo control; su efecto no es inmediato y debe tolerarse cierta cantidad de plaga.

El control biológico minimiza el uso de plaguicidas químicos, disminuye los daños al ambiente, a la salud del aplicador y puede ser usado en la producción de frutos inocuos.

IMAGEN DE ÁCARO DEPRADOR

¿Utilizaría un control biológico contra los ácaros plaga en papayo?

Si _____ No _____

Si si, ¿hasta cuanto estaría dispuesto a pagar por hectárea por una aplicación de un control biológico?

a) hasta \$200 __ b) hasta \$300 __, c) hasta \$500 _____, d) hasta \$1000 __

e) hasta \$2000 _____, f) hasta \$3000 _____, g) hasta \$6000 _____

Muchas gracias por sus respuestas

Anexo D. Instrumento de investigación aplicado a casas distribuidoras de agroquímicos en diferentes municipios de la zona productora de papaya en Veracruz.

ENCUESTA A REPRESENTANTES DE CASAS COMERCIALIZADORAS DE AGROQUÍMICOS

DEL REPRESENTANTE:

Nombre: _____
 Dirección:
 Calle: _____ Número: _____ Colonia: _____
 Municipio: _____ Teléfono: _____
 Correo electrónico: _____

DE LA EMPRESA:

Dirección: Calle: _____ Número: _____
 Colonia: _____ Municipio: _____
 Teléfono: _____ correo electrónico: _____
 Tiempo de establecida la tienda en la zona: _____
 Cantidad de papayeros atendidos en el último año: _____
 Principal problema fitosanitario por el que acuden los papayeros: _____
 Acaricidas vendidos a papayeros en el último año:

Acaricida	Cantidad vendida	Precio unitario