



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO EN FITOSANIDAD
ENTOMOLOGÍA Y ACAROLOGÍA

**INCIDENCIA DE DAÑO Y ESTRATEGIAS DE CONTROL
DE *Tetranychus merganser* EN EL CULTIVO DE PAPAYA
(*Carica papaya L.*)**

EVERARDO LÓPEZ BAUTISTA

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MEXICO

2014

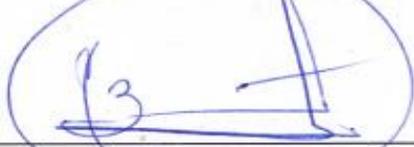
La presente tesis, titulada: **INCIDENCIA DE DAÑO Y ESTRATEGIAS DE CONTROL DE *Tetranychus merganser* EN EL CULTIVO DE PAPAYA (*Carica papaya* L.)**, realizada por el alumno: **Everardo López Bautista**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS
POSTGRADO EN FITOSANIDAD
ENTOMOLOGÍA Y ACAROLOGÍA

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERA: _____


DRA. MA. TERESA SANTILLÁN GALICIA

ASESOR: _____


DR. NÉSTOR BAUTISTA MARTÍNEZ

ASESOR: _____


DR. JAVIER SUÁREZ ESPINOSA

ASESOR: _____


DR. NICACIO CRUZ HUERTA

MONTECILLO, TEXCOCO, ESTADO DE MÉXICO, OCTUBRE 2014

INCIDENCIA DE DAÑO Y ESTRATEGIAS DE CONTROL DE *Tetranychus merganser* EN EL CULTIVO DE PAPAYA (*Carica papaya* L.)

Everardo López Bautista, M.C.

Colegio de Postgraduados, 2014.

Tetranychus merganser fue recientemente detectado en México, observaciones previas sugieren que este ácaro se puede alimentar de una gran variedad de plantas. A pesar de esto, prácticamente no existe información básica de este ácaro en México, como el tipo daño que puede ocasionar a su hospedero. Con base en esto, en esta investigación se estudió la relación que puede existir entre la densidad poblacional de esta plaga, con el nivel de daño ocasionado por *T. merganser* en plantas de papaya. Se realizaron experimentos para cuantificar el área foliar dañada, la densidad final de *T. merganser* y la actividad fotosintética en plantas infestadas, con diferentes densidades iniciales de *T. merganser* (5, 10 y 15 hembras). Las cuantificaciones se realizaron a los 21, 42 y 63 días posteriores a la infestación; adicionalmente en los tratamientos evaluados a los 63 días se estimó la cantidad de clorofila por planta. Posteriormente, se realizó otro experimento en donde se evaluó el efecto de la introducción de diferentes densidades (2, 4, y 6 adultos) de los depredadores *Amblyseius swirskii* y *Neoseiulus californicus* en el incremento poblacional de *T. merganser*, así como en el área foliar dañada por esta plaga. En el primer experimento se observó que el mayor daño foliar ocurrió en el último periodo de evaluación (63 días), independientemente del número inicial de *T. merganser* que se inocularon en las plantas. No se observaron diferencias significativas en la actividad fotosintética o en la cantidad de clorofila. La introducción de los ácaros depredadores disminuyó significativamente el área foliar dañada causada por *T. merganser*, así como la densidad poblacional final de éstos.

Palabras claves: área foliar dañada, densidad, depredadores.

**DAMAGE INCIDE AND CONTROL STRATEGIES OF *Tetranychus merganser*
IN PAPAYA PLANTS (*Carica papaya* L.)**

Everardo López Bautista, M.C.

Colegio de Postgraduados, 2014.

Tetranychus merganser was recently detected in Mexico, previous observations suggest that this species can feed on a large variety of plants. Despite its importance, there is practically no available information of this mite in Mexico and basic research is urgently required. We quantified the level of damage caused by different levels of *T. merganser* populations on papaya plants, and the effect of the introduction of two predators of *T. merganser* on the level of damage. We undertook a series of experiments to assess the relationships between different initial densities of *T. merganser* (5, 10 and 15 females) and the level of resulting leaf damage and photosynthetic activity of papaya after three different infestation periods (21, 42 and 63 days). Additionally (after 63 days) the amount of chlorophyll was also measured. We also evaluated in papaya plants previously infested with 10 adult females of *T. merganser* how the introduction of the generalist mite predators, *Amblyseius swirskii* and *Neoseiulus californicus*, at different densities (2, 4 and 6 adults) for each predator species affected the relationship between the level of leaf damage and final densities of *T. merganser*. We found that the greatest damage caused by *T. merganser* occurred after the final sampling occasion (63 days), regardless of the initial density of *T. merganser*; there were no differences amongst treatments in photosynthetic activity or chlorophyll content. The introduction of predators resulted in a significant decrease in *T. merganser* densities and the damage they caused.

Key words: leaf area damaged, density, predators.

AGRADECIMIENTOS

- ⊙ Al Pueblo de México, que a través del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), proporcionaron el apoyo económico para la realización del postgrado.
- ⊙ Al Colegio de Postgraduados campus Montecillo, por el financiamiento a través del “Fideicomiso Revocable de la Administración e inversión No. 167304, para el establecimiento y operación de los fondos para la Inversión científica y desarrollo tecnológico del centro público del Colegio de Postgraduados”, al Instituto de Fitosanidad y profesores por la oportunidad que me dieron al desarrollar mis habilidades y competencias para la vida académica e investigativa.
- ⊙ A la Escuela Superior de Agricultura del Valle del Fuerte, dependiente de la Universidad Autónoma de Sinaloa, por proponerme a estudiar el posgrado y por las facilidades que me brindaron en este proyecto profesional.
- ⊙ A la empresa KOPPERT México SA de CV, facilitarme el material biológico, en comunicación con el Dr. Alfonso Torres Ruiz.
- ⊙ Un gran reconocimiento a la Dra. Ma. Teresa Santillán Galicia, porque desarrolló el papel de consejera en todo su significado, y con ello recibí todo su apoyo, además por haberme guiado, exigido y aguantado durante el progreso de mi proyecto.
- ⊙ Al Dr. Néstor Bautista Martínez, por impulsarme a ser mejor cada día, por ayudarme a entender que el éxito es el resultado de un esfuerzo constante y arduo trabajo, en donde la organización es fundamental.

- ⊙ Al Dr. Javier Suárez Espinosa, por su valioso tiempo y apoyo en los análisis de mis datos. Además, por tener la paciencia en explicarme el proceso de análisis.
- ⊙ Al Dr. Nicasio Cruz Huerta, por asesorarme y acompañarme en las mediciones, en la toma de datos, por toda la confianza que me brindó.
- ⊙ Al M.C Jorge Valdez Carrasco, por asesórame en la edición de imágenes y toma de fotos en su laboratorio, además de su buena disposición por ayudarme.
- ⊙ En especial al M.C Héctor Melesio Cuén Ojeda, por la confianza depositada en mí, para realizar mis estudios de posgrado.
- ⊙ Al Sr. Ignacio Javier Zarco Hernández, por su gran amistad y apoyo recibido en los trabajos realizados en el laboratorio de Acarología.
- ⊙ A todos los amigos y compañeros de generación, por todo lo aprendido y disfrutado durante estos dos años.
- ⊙ A Dios, por guiarme espiritualmente y tener con él, mis angelotes que me guían día a día.

iiiiii Muchas Gracias por Todo!!!!!!

DEDICATORIA

- ⊙ A mi esposa Rosalva Ruíz Ramírez, por estar conmigo en las buenas y en malas, porque a tú lado me siento completo. ¡Gracias mamita...Te amo!
- ⊙ A mi hijo Esteban Fortunato López Ruíz, por ser toda mi inspiración y robarle parte de su tiempo ¡Gracias papito....Te amo!
- ⊙ A mi mamá Elena Bautista Martínez, por su sabias palabras de amor y comprensión y a mi papá Evencio López Yescas (†), sé que donde él se encuentra, siempre me guía y me cuida, es mi gran angelote.
- ⊙ A mi tía Chayo y tío Néstor, por formar parte de mis éxitos y fracasos, porque he recibido su incondicional apoyo.
- ⊙ A mi hermana Evangelina y hermanos Eder y Etnan, por sus palabras de aliento y apoyo cuando se los he solicitado, porque hemos compartido y aprendido cosas sorprendentes de la vida.
- ⊙ A mi suegro Fortunato Ruiz Martínez y suegra Rosalva Ramírez Rodríguez, por el apoyo a seguir superándome y todas las porras recibidas.
- ⊙ A mis sobrinos, sobrinas, primos y primas por sus palabras de solidaridad, y por su ayuda incondicional.

¡¡¡¡Va por todos ustedes!!!!

ÍNDICE DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. OBJETIVOS.....	4
3. HIPÓTESIS	5
4. REVISIÓN DE LITERATURA.....	6
4.1 El cultivo de papaya	6
4.1.1 Origen y distribución	6
4.1.2 Características de la planta de papaya	6
4.1.3 Importancia.....	7
4.1.4 Plagas.....	7
4.2 Familia Tetranychidae	7
4.2.1 <i>Tetranychus merganser</i>	8
4.2.1.2 Características	8
4.2.1.3 Distribución	9
4.2.1.4 Daño e importancia.....	10
4.2.1.5 Condiciones de establecimiento y reproducción.....	10
4.2.1.6 Medios de dispersión de <i>T. merganser</i>	11
4.2.1.7 Control	11
4.3 Ácaros depredadores	12
4.3.1 <i>Neoseiulus californicus</i>	14
4.3.2 <i>Amblyseius swirskii</i>	16
5. MATERIALES Y MÉTODOS.....	18
5.1 Lugar y época de estudio.....	18
5.2 Material biológico	18
5.2.1 Población de <i>Tetranychus merganser</i>	18
5.2.2 Plantas de papaya	19
5.3 Efecto de la densidad de <i>T. merganser</i> en la capacidad fotosintética y en el área foliar	19
5.3.1 Determinación de la capacidad fotosintética	20
5.3.2 Estimación del área foliar dañada	20
5.3.3 Análisis estadístico	21

5.4 Estimación del daño ocasionado por <i>T. merganser</i> en el área foliar en presencia de <i>Neoseiulus californicus</i> y <i>Amblyseius swirskii</i>	21
5.4.1 Experimento 1	21
5.4.2 Experimento 2.....	22
5.4.3 Análisis estadístico	23
6. RESULTADOS	24
6.1 Efecto de la densidad de <i>T. merganser</i> en la capacidad fotosintética y en el área foliar	24
6.1.1 Determinación de la capacidad fotosintética	24
6.1.2 Estimación del área foliar dañada	24
6.2 Estimación del daño ocasionado por <i>T. merganser</i> en el área foliar en presencia de <i>Neoseiulus californicus</i> y <i>Amblyseius swirskii</i>	28
6.2.1 Primer experimento.....	28
6.2.2 Segundo experimento	32
7. DISCUSIÓN.....	37
8. CONCLUSIONES	42
9. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	43

ÍNDICE DE CUADRO

Cuadro 1. Número de depredadores introducidos en los diferentes tratamientos en el experimento 1.	22
Cuadro 2. Número de depredadores introducidos en los diferentes tratamientos en el experimento 2	23
Cuadro 3. Área foliar dañada por <i>T. merganser</i> en la interacción DPI y DI. Letras iguales indican similitud estadística.	27
Cuadro 4. Densidad final de <i>T. merganser</i> por efecto de la interacción evaluación x tratamientos. Letras diferentes indican diferencias significativas $P \leq 0.05$, DSH de Tukey). Cada valor representa la media de tres repeticiones.	27

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Área foliar estimada (mm ²) en plantas de <i>C. papaya</i> entre tratamientos evaluados. Letras diferentes sobre la barra indican diferencias significativas ($P \leq 0.05$).	25
Figura 2. Promedio de individuos móviles de <i>T. merganser</i> en las tres evaluaciones realizadas en plantas de <i>C. papaya</i>	26
Figura 3. Área foliar dañada causada por <i>T. merganser</i> en los tratamientos de <i>A. swirskii</i> (T1-T3) y de <i>N. californicus</i> (T4-T6) con respecto al tratamiento testigo (T7).	28
Figura 4. Área foliar dañada por <i>T. merganser</i> con respecto a las densidades de <i>A. swirskii</i> y de <i>N. californicus</i> . En los tratamientos se consideraron a las dos especies de fitoseidos.	29
Figura 5. Combinación de <i>A. swirskii</i> (Sp1) y <i>N. californicus</i> (Sp2) con los diferentes tratamientos con respecto a los individuos móviles finales de <i>T. merganser</i> . ..	30
Figura 6. Densidades finales de <i>A. swirskii</i> (Sp1) y <i>N. californicus</i> (Sp2) en los diferentes tratamientos.	31
Figura 7. Daño de <i>T. merganser</i> con los tratamientos de <i>A. swirskii</i> (T1-T3) y de <i>N. californicus</i> (T4-T6) con respecto al tratamiento control (T7).	33
Figura 8. Daño de <i>T. merganser</i> en densidad de <i>A. swirskii</i> y de <i>N. californicus</i> . Los tratamientos están involucradas las dos especies de fitoseidos.	34
Figura 9. Combinación de <i>A. swirskii</i> (Sp1) y <i>N. californicus</i> (Sp2) con diferentes tratamientos con respecto al daño de <i>T. merganser</i>	35
Figura 10. Combinación de <i>A. swirskii</i> (Sp1) y <i>N. californicus</i> (Sp2) con las diferentes tratamientos con respecto a los individuos móviles de <i>T. merganser</i>	35
Figura 11. Densidades finales de <i>A. swirskii</i> (Sp1) y <i>N. californicus</i> (Sp2) con los diferentes tratamientos.	36

1. INTRODUCCIÓN

La papaya (*Carica papaya* L.) es originaria del sur de México y Centroamérica, es uno de los frutos tropicales exóticos más apreciados y demandados a nivel nacional e internacional, para su consumo en fresco o industrializado (Cituk *et al.*, 2006). Entre las principales plagas que merman su producción se encuentran los ácaros, de los cuales, destacan la familia Tetranychidae, por ser los más perjudiciales en las plantas cultivadas. Recientemente, se ha reportado a *Tetranychus merganser* Boudreaux, como la causa de severos daños en el cultivo de papaya (Valencia *et al.*, 2011); mantienen densidades poblacionales muy elevadas en sus hospederos, como *Solanum rostratum*, *Physalis sp.*, *S. nigrum* L. (Tuttle *et al.*, 1974), *C. papaya* y *Opuntia ficus* (Ullah *et al.*, 2010 y Lomelí-Flores *et al.*, 2008).

T. merganser presenta un alto nivel reproductivo y un corto ciclo de vida (Reyes-Pérez *et al.*, 2013; Ullah *et al.*, 2011 y Gotoh y Gomi, 2003). En el cultivo de papaya, el daño causado por *T. merganser* se observa como pequeños puntos blancos sobre la lámina foliar, alrededor de las venas de las hojas; en infestaciones severas, los puntos se unen y toda la lámina foliar puede observarse de un color blanco. Por lo que se disminuye la tasa fotosintética y la transpiración de la planta, afectando su crecimiento, desarrollo y producción de frutos (Freitas *et al.* 2009; Reddall *et al.* 2004).

El método más utilizados para disminuir las poblaciones de *T. merganser*, es mediante productos químicos; sin embargo, estos productos cada vez son

cuestionados debido a los problemas de resistencia que ocasionan y la contaminación del ambiente.

En México, se aplican una gran cantidad de agroquímicos en los cultivos para combatir a *T. merganser*, los cuales permiten mantener la agricultura productiva, pero no sustentable, ya que su uso excesivo ocasiona desequilibrios importantes en los agroecosistemas (Infante, 2008).

Para coadyuvar a enfrentar este problema, es necesario desarrollar estrategias de control para *T. merganser* en el cultivo de papaya. Por lo que, el uso de enemigos naturales contra este ácaro son una alternativa para contrarrestar los daños que ocasionan a las plantas cultivadas y así ofrecer a los agricultores opciones sustentables y redituables. Afortunadamente, existen enemigos naturales que se producen comercialmente para el control de muchas especies plaga de la familia Tetranychidae, tal es el caso de los depredadores de la familia Phytoseiidae, ácaros que han demostrado ser muy eficaces en disminuir poblaciones altas de *Tetranychus urticae* (Escudero y Ferragut, 2005), por ejemplo: *Neoseiulus californicus* (McGregor), el cual se alimenta principalmente de *T. urticae*, *T. turkestanii*, *T. ludeni*, *T. cinnabarinus* y *Panonychus ulmi* (Kustutan y Cakmak, 2009; Escudero y Ferragut, 2005 y Croft *et al.*, 1998). Mientras que, *A. swirskii* es eficaz para suprimir las poblaciones de *T. urticae* y además ninfas de *Bemisia tabaci* y *Frankliniella occidentalis* (Calvo *et al.*, 2009; Messelink *et al.*, 2006 y Nomikou *et al.*, 2001).

Debido a que *T. merganser* tiene un alto potencial reproductivo, un ciclo de vida corto y poco tiempo de establecerse en México, surge la necesidad de investigar si la densidad poblacional de esta plaga tiene relación con el nivel de daño ocasionado a las plantas de papayo, y como la adición de depredadores puede disminuir tal daño.

2. OBJETIVOS

General

Determinar la incidencia de daño y las estrategias de control de *Tetranychus merganser* en el cultivo de papaya (*C. papaya* L), en condiciones de invernadero.

Particulares

- Evaluar el efecto de la densidad *T. merganser* en daño del área foliar y la capacidad fotosintética.
- Determinar la correlación entre densidad poblacional e incidencia de daño de *Tetranychus merganser*.
- Estimar los daños ocasionados por *T. merganser* en el área foliar en presencia de los depredadores *Neoseiulus californicus* y *Amblyseius swirskii*

3. HIPÓTESIS

- A mayor densidad poblacional de *Tetranychus merganser* es mayor la incidencia de daño en el área foliar y menor la capacidad fotosintética de plantas de papaya.
- El control de *Tetranychus merganser* mediante el uso de ácaros depredadores disminuye el daño ocasionado en el área foliar de plantas de papaya.

4. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1 El cultivo de papaya

4.1.1 Origen y distribución

La papaya pertenece a la familia botánica *Caricaceae* y su nombre científico es *C. papaya* L., es originaria del sur de México, de Yucatán, y Centroamérica; se adapta a una amplia gama de condiciones climáticas y de tipos de suelo (Crane y Campbell, 1990). Aunque se cultivan en gran escala en todos los trópicos y sub trópicos (Pantoja *et al.*, 2002). Su centro de diversificación es desde el sur de México hasta Nicaragua.

4.1.2 Características de la planta de papaya

El papayo es considerado como una hierba arborescente, porque no está muy lignificada, su tallo es hueco, puede medir de 8 a 10 metros de altura. Se clasifica como una especie perenne, puede vivir hasta 20 años. Sus hojas son alternas, se encuentran aglomeradas en el ápice del tronco y ramas, tienen peciolo largo, de 25 a 75 centímetros de diámetro, son lisas y profundamente palmeadas con venas medias robustas irradiantes (MAG, 2010).

Esta planta se puede cultivar en cualquier época del año, la floración ocurre cinco meses después de la siembra, y los frutos se obtienen cinco meses después.

Los frutos son bayas carnosas y globulosas, usualmente con cinco ángulos de tamaño variable y de color anaranjado al madurar. Contiene en su interior una pulpa lechosa de color anaranjada, con numerosas semillas negras, globulares y de

endospermo carnoso, las cuales están distribuidas en la cavidad central. Presentan una larga vida en anaquel.

4.1.3 Importancia

El fruto de la papaya tiene una gran demanda a nivel nacional e internacional, para su consumo en fresco o industrializado (Cituk *et al.*, 2006).

La superficie cosechada de papaya en México en 2013, fue de 14,869.03 ha, con una producción anual de, 764,514.40 t, por lo tanto, es uno de los principales proveedores, con exportación a escala mundial. El principal consumidor de papaya mexicana es Estados Unidos con 84% (SIAP, 2013).

El cultivo de papaya se siembra en 20 estados de la república Mexicana. Los principales estados son: Oaxaca, Veracruz y Chiapas; los cuales, aportan 52% de la producción nacional, lo que equivale a 616,215 t (SIAP, 2012).

4.1.4 Plagas

Las plagas que perjudican al cultivo de papaya son los nematodos, la mosca de la fruta del Mediterráneo (*Ceratitis capitata*) y la araña roja (*Tetranychus merganser* Boudreaux). La araña roja *T. merganser*, es el ácaro que más daño ocasiona, por que ataca el fruto, las hojas jóvenes y maduras (Pantoja *et al.*, 2002).

4.2 Familia Tetranychidae

La familia Tetranychidae comprende un grupo de ácaros fitófagos constituido por 1,200 especies, pertenecientes a 70 géneros (Zhang, 2003). Las especies del género *Tetranychus*, ocasionan mayores pérdidas económicas. Se caracterizan por presentar una distribución cosmopolita, por su tendencia a agruparse en colonias

(Gotoh, 1997 y Gotoh *et al.*, 2007) produciendo densas telas (Saito, 1983), y por la polifagia de algunas de sus especies (Ferragut y Santoja, 1989 y Zhang, 2003).

4.2.1 *Tetranychus merganser*

3.2.1.1 Identificación

De acuerdo con Krantz (2009), la clasificación taxonómica de la plaga estudiada se describe a continuación.

Reino: Animalia

Filo: Arthropoda

Clase: Arachnida

Subclase: Acari

Super orden: Acariformes

Orden: Trombidiformes

Familia: Tetranychidae

Género: *Tetranychus*

Especie: *Tetranychus merganser* (Boudreaux, 1954).

4.2.1.2 Características

El ácaro *Tetranychus merganser* fue descrito en 1954, por H. Bruce Boudreaux, en el estado de Louisiana, Estados Unidos; quien las separó de *Tetranychus tumidus*, Banks y de *Tetranychus atlanticus*, McGregor. El ácaro se colectó con *Ligustrum vulgare* L. perteneciente a la familia de las Oleaceas. .

La principal característica distintiva es la forma de su edeago, que es parecido a la cabeza de un ganso, así como diferencia en la uña empodial. *T. merganser* ha sido

una especie poco estudiada, debido a que no se consideraba una plaga de importancia económica. Sin embargo, en la última década se ha considerado como una plaga devastadora para la agricultura mexicana, principalmente para el estado de Veracruz (Bolland *et al.*, 1998).

4.2.1.3 Distribución

A nivel mundial, se distribuye en China, Estados Unidos, Asia, Oceanía, Australia y México, donde ataca a Solanáceas (*Capsicum annuum*), Rosáceas (*Fragaria* sp.), Oleáceas (*Ligustrum* sp.), Aquifoliáceas (*Ilex* sp.) y Caricáceas (*C. papaya*) (Bolland *et al.*, 1998; Flechtmann y Knihinicki, 2002; Lomelí-Flores *et al.*, (2008).

En 1993, fue detectado en China, infestando a *Thalictrum* sp. (Lu y Wang, 2005). El autor Ullah *et al.* (2010), la registró en pepino importado a Japón procedente de México y Estados Unidos, lo que explica su hallazgo en China y la posibilidad de que se establezca en Japón.

A nivel nacional, *T. merganser* se encuentra distribuido en el noroeste en el estado de Sonora (Ullah *et al.* 2010) y en el centro de México, en Oaxaca, Campeche, Morelos, Yucatán y principalmente en Veracruz, ubicándolo en los municipios de Santa Ana, de Alto Lucero, Cotaxtla y Manlio F. Altamirano (Abato, 2011). Tuttle *et al.* (1974), observaron esta especie en el noroeste de México (Sonora) y centro de México, hospedado en malezas como mala mujer (*Solanum rostratum* Dunal), tomatillo (*Physalis* spp.) y tabaco cimarron (*Solanum nigrum* L.).

Asimismo, Valencia *et al.* (2011), indicó su presencia en el estado de Yucatán y Lomelí-Flores *et al.* (2008) lo cita en el estado de Morelos.

4.2.1.4 Daño e importancia

T. merganser tiene un alto nivel reproductivo y corto ciclo de vida, lo que ocasiona graves daños en ambientes controlados y abiertos (Gotoh y Gomi, 2003; Ullah *et al.*, 2011). Este ácaro rompe el tejido epidérmico, remueve el contenido celular, destruye las células del parénquima en empalizada y el esponjoso.; lo cual, destruye los cloroplastos, lo que se traduce en una disminución de la tasa fotosintética, de la conductancia estomática y de la transpiración; afecta el crecimiento, desarrollo y la producción de las plantas (Bondada *et al.*, 1995; Reddall *et al.*, 2004; Freitas *et al.*, 2009).

Físicamente las hojas se tornan amarillentas por el haz y plateadas por el envés, posteriormente se vuelven necróticas, lo que conlleva a su caída prematura (Collier *et al.*, 2004).

De acuerdo con Ullah *et al.* (2010), *T. merganser* presenta un alto potencial para comportarse como plaga de importancia económica. Los daños económicos directos que ocasiona este ácaro se asocian con el bajo crecimiento, desarrollo y producción del cultivo, en el cual la planta pierde su hojas y frutos prematuramente, lo que conlleva a daños económicos indirectos donde el cultivo no es redituable y genera pérdidas económicas para el productor.

4.2.1.5 Condiciones de establecimiento y reproducción

El ácaro *Tetranychus merganser* puede adaptarse a una amplia gama de factores climáticos (Gotoh, 2009). Los adultos se desarrollan perfectamente en un intervalo de temperatura de 15 a 35 °C, su desarrollo óptimo se presenta a 25 °C, a dicha

temperatura se comporta como plaga, con un alto porcentaje de supervivencia (79.2 %). Su máxima ovoposición es 146 huevos por hembra a 30 °C, eclosiona el 99.3%. (Reyes-Pérez, 2012 y Ullah *et al.*, 2010).

4.2.1.6 Medios de dispersión de *T. merganser*

T. merganser se desplaza mediante dispersión natural, por movimiento propio, foresia, comercialización de frutos, transporte de ácaros en ropa y otros enseres de los cosechadores y comercializadores o en los viveros donde se maquila la planta, para después trasplantarla. *T. merganser* tiene capacidad de locomoción, sin embargo, su principal desplazamiento es con el viento. Se han determinado dos formas poblacionales de dispersión:

- Tipo paracaída (la acción de moverse como un globo o un paracaídas), el ácaro pende de un hilo de telaraña depositado en las hojas, soportando su peso sobre este hilo, y después por ayuda de una corriente de aire suave, se mueve a una distancia larga.
- Movimiento de tipo masivo: cuando la planta está fuertemente infestada, los ácaros se mueven hacia arriba de la planta y producen una masa de telaraña en la parte terminal de la planta, cuando un insecto o ave toca la telaraña, los dispersan hacia otras regiones (Badii y Landeros, 2007 y Moraes y Flechtmann, 2008).

4.2.1.7 Control

Para el control de *Tetranychus merganser*, los agricultores eligen la aplicación de productos químicos acaricidas, debido a su eficacia y rapidez. Sin embargo, los

ácaros tienen gran capacidad para desarrollar resistencia a los acaricidas después de pocas aplicaciones (Goka, 1998).

Por lo tanto, se han utilizado medidas de control cultural, utilizando la rotación de cultivos, técnicas de fertilización y manejo del riego, uso de variedades resistentes. Además, se ha implementado el control biológico con ácaros depredadores, para suprimir poblaciones de ácaros plagas, los cuales han sido efectivos para distintos cultivos (Reyes-Pérez *et al.*, 2013).

4.3 Ácaros depredadores

La sociedad mundial y nacional se ha preocupado por el cuidado y preservación de la integridad del ambiente en el ámbito local, regional y global (Sarandón y Sarandón, 1993). Por tal motivo, se han implementado estrategias de control de plagas menos dañinas para el cuidado del ambiente y de la salud humana (Garber *et al.*, 1996 y Kogan, 1998). El control biológico ha sido una alternativa eficaz, para el control de plagas agrícolas, mediante el uso de enemigos naturales; los cuales, suprimen de manera temporal o permanente, las poblaciones de plagas, por debajo de los nivel perjudiciales (Van Driesche *et al.*, 2007).

En ese sentido, los ácaros fitoseidos (Familia Phytoseiidae), son usados en varios países para el control biológico de ácaros e insectos (Abad-Moyano *et al.*, 2010 y Barber *et al.*, 2010). Las características que sobresalen y que los convierten en agentes de control biológico son: su reducido tiempo de desarrollo, elevado nivel de supervivencia y desarrollo, su gran capacidad de sobrevivir en condiciones de baja

disponibilidad de presas. Además, de ser fácil su reproducción en masa (Overmeer, 1985 y Van Lenteren, 2003).

McMurtry y Croft (1997) clasificaron a los fitoseidos en cuatro categorías, con base en sus hábitos alimenticios:

Tipo I. Depredadores especialistas en especies del género *Tetranychus*;

Tipo II. Depredadores selectivos de Tetraníquidos (asociados a especies que producen densas telarañas).

Tipo III. Depredadores generalistas.

Tipo IV. Depredadores generalistas que se alimentan de polen preferentemente.

Los ácaros fitoseidos se dispersan en forma ambulatoria, o mediante las corrientes de aire, cuando los ácaros buscan alimento, protección y sitios para ovipositar. La dispersión aérea permite colonizar otras áreas dentro del cultivo (Croft y Jung, 2001). En la dispersión ambulatoria, influye la especialización en la dieta, disponibilidad de presas, estímulos químicos o físicos de las presas, características físicas y químicas de las plantas, y la estructura de la planta (Croft y Jung, 2001).

Los fitoseidos son capaces de entrar en diapausa reproductiva, en los meses más fríos del año. Un atributo importante de estos es la capacidad de búsqueda y de permanecer en el sistema, cuando la densidad de su presa principal es baja o nula (De Courcy *et al.*, 2004 y Badii *et al.*, 2010).

Dentro de la familia Phytoseiidae, se encuentran dos especies de gran importancia para el control biológico: *Neoseiulus californicus* y *Amblyseius. swirskii*.

4.3.1 *Neoseiulus californicus*

N. californicus, posee una elevada coincidencia en espacio y tiempo con su presa (Greco *et al.*, 1999), mantiene a la plaga en baja densidad al nivel de daño económico (Greco *et al.*, 2005). Es capaz de sobrevivir a condiciones de inanición (bajas temperaturas, sequías o escasa disponibilidad de alimentos), lo cual, se denomina diapausa reproductiva; luego de un período de cuatro días de inanición, si existen las condiciones óptimas de alimentación, reestablece la fecundidad (Veerman, 1992 y Castagnoli *et al.*, 2000).

Este depredador tiene baja tendencia al canibalismo y amplio rango de alimentos en su dieta (McMurtry y Croft, 1997). Para Croft *et al.* (1998), el depredador *N. californicus*, es un especialista (tipo II) y generalista (tipo III), puesto que se alimentan principalmente de ácaros (Waite, 1988; Easterbrook, 1992; Decou, 1994 y Liburd *et al.*, 2003). Sobresalen las arañas rojas como: *Tetranychus urticae*, *Tetranychus turkestanii*, *Tetranychus ludeni*, *Tetranychus cinnabarinus* y *Panonychus ulmi* (Croft *et al.*, 1998; Escudero y Ferragut, 2005; Kustutan y Çakmak, 2009) y secundariamente *Polyphagotarsonemus latus* (Castagnoli y Falchini, 1993) e insectos (como trips) y de polen, para ello rompen la pared del grano y succionan el contenido (Swirski *et al.*, 1970; Flechtman y McMurtry, 1992; Flint y Driestadt, 1999; Sazo *et al.*, 2006 y Ragusa *et al.*, 2009).

Se han asociado a cultivos como: cítricos, árboles frutales, vid, maíz, hortalizas y plantas ornamentales (Castagnoli y Simoni, 2003).

4.3.1.1 Biología y ecología

Neoseiulus californicus fue descrito por McGregor en 1954, como *Typhlodromus californicus*, posteriormente se asignó al género *Amblyseius* y por último, al género *Neoseiulus*. Este depredador es originario de California y Florida, está distribuido a nivel mundial (Zhang, 2003 y Gerson y Weintraub, 2007). El ciclo de vida presenta cinco estados de desarrollo: huevo, larva, protoninfa, deutoninfa y adulto.

Las hembras adultas miden 0.1 mm de largo y su forma es globosa. El macho es pequeño, ambos son translúcidos y pueden presentar una coloración amarilla pálida a un color ámbar brillante (Helle y Sabelis, 1985).

Los machos alcanzan el estado adulto antes que las hembras, cuando encuentra a una hembra en estado de deutoninfa, permanecen en contacto con ella hasta el estado adulto, para asegurar la cópula (Amano y Chant, 1978). El apareamiento dura cuatro horas o más, influye la temperatura en la que se encuentran (Aponte y McMurtry, 1992 y Castagnoli y Simoni, 2003).

Las fases móviles son de color transparente blanco a naranja o amarillo, tienen forma de gota, patas cortas y los huevos son de color transparente a blanco.

Este ácaro puede desarrollarse en 18.38 días, a 12 °C, y en 2.98 días, a 38°C, tienen gran plasticidad para adaptarse y desarrollarse en diferentes regiones geográficas. Cuando la planta se queda sin presas, *N. californicus* se dispersan caminando, en la búsqueda de nuevas presas (Jung y Croft, 2001).

4.3.1.2 Uso como agente de control biológico.

Las características biológicas y ecológicas, permiten que sea utilizado para el control biológico de *Tetranychus* (Abad- Moyano *et al.*, 2010 y Barber *et al.*, 2010); mediante liberaciones aumentativas (McMurtry y Croft, 1997; Gerson y Weintraub, 2007; Sato *et al.*, 2007 y Abad-Moyano *et al.*, 2010).

Van Lenteren (2000), lo ha catalogado como el principal depredador para controlar a *T. urticae*. Es un buen enemigo natural, debido a que tiene una alta coincidencia espacial con la presa, y gran capacidad para detectar presas aún en bajas densidades (Greco *et al.*, 1999).

El número de presas consumidas por día, por un individuo, varía en función de la densidad de presas, del estado de desarrollo de la presa ofrecida, estado de desarrollo del depredador, de la planta hospedadora y de la temperatura (Ahn *et al.*, 2010; Marafeli *et al.*, 2011; Canlas *et al.*, 2006; Gotoh *et al.*, 2004 y Cédola *et al.*, 2001).

4.3.2 *Amblyseius swirskii*

A. swirskii es un ácaro depredador que se reproduce rápidamente en condiciones calurosas y húmedas. Se alimenta y alcanza la madurez en una amplia gama de fuentes de alimentos (Stansly y Castillo 2009; El-Laithy y Fouly 1992; Hoda *et al.*, 1986; Momen y El-Saway 1993; Ragusa y Swirski, 1977).

4.3.2.1 Biología y ecología

Este ácaro comprende cinco estados de desarrollo: huevo, larva, dos estadios ninfales (protoninfa, deutoninfa) y adulto. Los estados móviles son de color beige rosado, con forma de gota y con patas cortas. Los huevos son de color blanco y

forma ovalada. La larva presenta tres pares de patas y un par de quetas anales muy aparentes, es de color blanco casi transparente. La protoninfa y deutoninfa, son de color más oscuro que las larvas, se diferencian de estas, por su tamaño y número de patas.

Nomikou *et al.* (2001) determinaron que *A. swirskii* completa su desarrollo de huevo a adulto de 7 a 8 días a 27 °C, cuando se alimenta de ninfas de *B. tabaci*. Al alimentarse de *T. urticae*, a una temperatura de 27°C, el depredador completa su ciclo biológico en 6.36 días.

La tasa de oviposición disminuye en la época fría del año, pero aumenta conforme lo hace la temperatura (Swirski y Amitai, 1997).

4.3.2.2 Uso como agente de control biológico.

Diversos autores, como Nomikou *et al.* (2001, 2010), Van Houten *et al.* (2005) y Messelink *et al.* (2006) han determinado que *A. swirskii* es un enemigo natural, con gran potencial para el control biológico. Se alimenta de gran número de especies plaga, principalmente de inmaduros de *Bemisia tabaci*, *Frankliniella occidentalis* y *Tetranychus urticae* (El-Laithy y Fouly, 1992; El-sawi and Abou-Awad, 1992; Momen y El-Saway, 1993; Van Houten *et al.*, 2005). En ausencia de presas pueden sobrevivir alimentándose de polen (Nomikou *et al.*, 2010; Swirski *et al.*, 1967; Ragusa y Swirski, 1977; Mommen y El-Saway, 1993) y del tarsonémido *P. latus* (Stansly y Castillo, 2009). No se ha reportado su eficacia para controlar ácaros de la especie *T. merganser*.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Lugar y época de estudio

La investigación se desarrolló en un invernadero del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, ubicado en el municipio de Texcoco, Estado de México, cuya geoposición es 19° 27' N y 98° 53' W. Todos los experimentos se llevaron a cabo en invernadero a una temperatura promedio de 26 ± 2 °C y una humedad relativa del 65%. La estimación de la tasa fotosintética y el área foliar dañada se realizó en los meses de septiembre a octubre de 2013. La evaluación del efecto de los depredadores se realizó de abril a mayo de 2014.

5.2 Material biológico

5.2.1 Población de *Tetranychus merganser*

La colonia de *T. merganser* fue obtenida de nopal (*Opuntia spp.*) en la localidad de Tlanepantla, Morelos, México. La especie se corroboró mediante claves taxonómicas de Baker y Tuttle (1994) y Bolland *et al.* (1998). La colonia se estableció en plantas de *Phaseolus vulgaris* L. (variedad Jamapa), las cuales se sembraron en sustrato esterilizado de Growing Mix[®] y Agrolita (1000:100 g) y se regaron con agua corriente cada dos días. Para mantener constante la colonia de ácaros se hizo la siembra de *P. vulgaris* cada siete días. La cría de ácaros se mantuvo a temperatura promedio de 26 a 28 °C, una humedad relativa de 65 a 70 % y un fotoperiodo de 14:10 luz-oscuridad.

5.2.2 Plantas de papaya

Las plantas de papaya se obtuvieron al sembrar semillas certificadas de la variedad Maradol, a las cuales se les dio un tratamiento pre-germinativo, que consistió en remojarlas durante tres días en agua, cambiando ésta cada ocho horas. Al tercer día se le aplicó 1 g de N-triclorometiltio-4 ciclohexeno-1,2–dicarboximida (Captan^R 50 pH; Bayer México, D.F.) para evitar la contaminación por hongos. Posteriormente se sembraron en charolas almacigueras y una semana después de germinadas se pasaron a macetas de plástico de 1 L, se usó como sustrato growing mix y agrolita esterilizado. Las plantas se regaron cada tercer día con agua corriente. En los experimentos se trabajó con plantas de tres meses después del trasplante, con una altura promedio de 0.30 m.

5.3 Efecto de la densidad de *T. merganser* en la capacidad fotosintética y en el área foliar

El experimento se llevó a cabo con un diseño completamente al azar, con nueve repeticiones por tratamiento. La unidad experimental fue una planta de papaya de tres meses de edad después del trasplante. Los tratamientos consistieron en infestar con diferentes densidades de hembras adultas de *T. merganser* (las cuales se seleccionaron de manera visual por tamaño y color similar, para tratar de uniformar la edad de éstas), de acuerdo con los siguientes tratamientos: T1 (5 individuos), T2 (10 individuos) T3 (15 individuos), T4 (0 individuos=testigo). Para evitar el riesgo de contaminación entre cada uno de los tratamientos, las plantas fueron colocadas individualmente en jaulas de tela de organza (0.60 m x 0.50 m x 1.20 m). Los ácaros se depositaron el mismo día en todos los tratamientos en la

tercera hoja verdadera del ápice a la base, 24 horas posteriores a la infestación se revisaron las plantas con una lupa, para corroborar el establecimiento de las hembras. Las plantas se regaron cada 2 días con agua corriente. En total se hicieron tres evaluaciones cada 21 días; en cada una de ellas se tomaron tres plantas por tratamiento. Antes de medir la capacidad fotosintética y el área foliar dañada, se determinó la densidad de los ácaros (formas móviles) de cada una de las hojas que conformaban las plantas.

5.3.1 Determinación de la capacidad fotosintética

Para medir la fotosíntesis en las plantas de cada tratamiento se utilizó un sistema portátil (TPS-2 Portable Photosynthesis System; Amesbury, USA), la medición se hizo entre las 12:00 y 13:00 h. Para la medición de fotosíntesis se tomaron al azar hoja, en donde se desarrollaron los ácaros.

En la última evaluación se midió la cantidad de clorofila, de la misma manera como se midió la fotosíntesis en todos los tratamientos.

5.3.2 Estimación del área foliar dañada

Las hojas de cada planta se cortaron y digitalizaron con un escáner (EPSON Stylus TX 130), con resolución 600 DPI. Consecutivamente, las imágenes se procesaron usando el software GIMP 2.8.10 para diferenciar la parte dañada de la sana. El área foliar dañada del haz y del envés se obtuvo al convertir los pixeles correspondientes al área dañada a milímetros cuadrados mediante el software Image Tool^R versión 3.0.

5.3.3 Análisis estadístico

En este trabajo de investigación se estudió la respuesta de diferentes tratamientos en el área foliar dañada y la capacidad fotosintética. Los resultados se analizaron con el procedimiento ANOVA de SAS v 9.1 (SAS Institute 2009). Se hizo un análisis con dos factores [densidad (5, 10 y 15 ácaros) y tiempo de evaluación (21, 42 y 63 días)]. Las diferencias de los efectos entre las combinaciones fueron comparadas usando una prueba de Tukey. Además, se realizó un análisis de regresión lineal mediante el procedimiento REG de SAS ver 9.1 (SAS Institute 2009); con el fin de investigar la posible relación entre la fotosíntesis (variable respuesta [v.r.]) y el área foliar dañada (variable explicaría [v.e.]), el área foliar dañada (v.r.) y la densidad (v.e.), y la fotosíntesis (v.r.) y densidad poblacional (v.e.).

5.4 Estimación del daño ocasionado por *T. merganser* en el área foliar en presencia de *Neoseiulus californicus* y *Amblyseius swirskii*

5.4.1 Experimento 1

El experimento se llevó a cabo con un diseño completamente al azar, con ocho tratamientos y cinco repeticiones por tratamiento, cada unidad experimental fue una planta de papaya de tres meses de edad, después del trasplante. Antes de la infestación con los depredadores, todas las plantas se infestaron con 10 hembras adultas de *T. merganser*. Posteriormente, a los 21 días se introdujeron los depredadores, de acuerdo con los siguientes tratamientos:

Cuadro 1. Número de depredadores introducidos en los diferentes tratamientos en el experimento 1.

Tratamientos	Número de adultos	Número de <i>T. merganser</i>
T1. <i>Amblyseius swirskii</i>	2	10
T2. <i>Amblyseius swirskii</i>	4	10
T3. <i>Amblyseius swirskii</i>	6	10
T4. <i>Neoseiulus (Amblyseius) californicus</i>	2	10
T5. <i>Neoseiulus (Amblyseius) californicus</i>	4	10
T6. <i>Neoseiulus (Amblyseius) californicus</i>	6	10
T7. Sin depredador	0	10
T8. Sin depredador	0	0

Para evitar el riesgo de contaminación entre cada uno de los tratamientos, las plantas se colocaron individualmente en jaulas de tela de organza (0.60 m x 0.50 m x 1.20 m). El experimento se llevó a cabo en un invernadero a una temperatura de 26 ± 2 °C y una humedad relativa del 65%; las plantas se regaron cada 2 días con agua corriente. A los 14 días posteriores de haber establecido el experimento, se llevó a cabo la primera evaluación la cual consistió en contar el número de formas móviles de *T. merganser*, *A. swirskii* y *N. californicus* en cada unidad experimental. La medición del área foliar se realizó como se describió en el apartado 5.3.2.

5.4.2 Experimento 2

Este experimento se hizo de manera similar al anterior, la diferencia fue que se duplicó el número de depredadores en cada tratamiento y se hicieron tres repeticiones por tratamiento (Cuadro 2).

Cuadro 2. Número de depredadores introducidos en los diferentes tratamientos en el experimento 2

Tratamientos	Numero de adultos	Número de <i>T. merganser</i>
T1. <i>Amblyseius swirskii</i>	4	10
T2. <i>Amblyseius swirskii</i>	8	10
T3. <i>Amblyseius swirskii</i>	12	10
T4. <i>Neoseiulus (Amblyseius) californicus</i>	4	10
T5. <i>Neoseiulus (Amblyseius) californicus</i>	8	10
T6. <i>Neoseiulus (Amblyseius) californicus</i>	12	10
T7. Sin depredador	0	10

5.4.3 Análisis estadístico

El posible efecto de los fitoseidos sobre los datos de área foliar dañada, y la densidad poblacional de *T. merganser* se analizaron mediante ANOVA de SAS v. 9.1 (SAS Institute 2009), se emplearon dos análisis: en el primero se comparó el efecto de los tratamientos en el área foliar dañada y el segundo consistió en un análisis factorial con dos factores (especies y densidad poblacional de fitoseidos). Las diferencias entre los tratamientos fueron comparadas usando una prueba de Tukey. Además, se realizó un análisis de regresión lineal, se usó el procedimiento REG de SAS ver 9.1 (SAS Institute 2009), con el fin de estimar la posible relación entre la disminución del área foliar dañada y la densidad poblacional de fitoseidos y *T. merganser*.

6. RESULTADOS

6.1 Efecto de la densidad de *T. merganser* en la capacidad fotosintética y en el área foliar

6.1.1 Determinación de la capacidad fotosintética

El análisis de regresión indicó que el área foliar dañada es un factor importante para la predicción de la capacidad fotosintética ($P > t = 0.0023$). El modelo de regresión para la predicción de la capacidad fotosintética es el siguiente: fotosíntesis = $9.69021 - 0.00937$ (área foliar dañada). El modelo presenta un coeficiente de determinación bajo ($R^2 = 0.085$), lo cual indica que existen otras variables que explican la capacidad fotosintética y que no fueron consideradas en el estudio. Se estudió la posible relación entre la densidad de *T. merganser* y su efecto en la capacidad fotosintética; las evidencias indican que la densidad no es importante en la predicción de la fotosíntesis ($P > t = 0.3962$). En cuanto al efecto de los tratamientos en la cantidad de clorofila no se observaron diferencias significativas ($F_{3,8} = 0.36$; $P = 0.7846$).

6.1.2 Estimación del área foliar dañada

El efecto de la densidad poblacional inicial de *T. merganser* en el área foliar dañada durante la primera evaluación (21 días), no fue significativamente diferente entre los tratamientos (T1-T3) ($F_{2,6} = 0.97$; $P = 0.4312$) (Figura 1). A pesar de que hubo diferencias significativas en la densidad poblacional final de *T. merganser* ($F_{2,6} = 8.41$; $P = 0.0182$) (Figura 2). Se obtuvo mayor población de ácaros en el T3 en comparación con el T1 (Figura 2). En la segunda evaluación (42 días), se observaron diferencias significativas en el área foliar dañada ($F_{2,6} = 9.14$; $P = 0.0151$)

(Figura 1). Se observó que la menor área dañada ($\bar{x} = 445 \text{ mm}^2$) se presentó en el tratamiento T1. No hubo diferencias entre los tratamientos T2 ($\bar{x} = 1365 \text{ mm}^2$) y T3 ($\bar{x} = 1235 \text{ mm}^2$) (Figura 1). La cantidad de individuos que se observó en esta evaluación en los tratamientos T2 [$\bar{x} = 1403$] y T3 [$\bar{x} = 1042$] y que ocasionaron el daño en el área foliar fue significativamente diferentes a la cantidad encontrada en el tratamiento T1 ($\bar{x} = 197$) ($F_{2, 6} = 11.35$; $P = 0.0091$) (Figura 2). En la tercera evaluación (63 días), no se encontraron diferencias significativas en el área foliar dañada entre los tratamientos con ácaros ($F_{2, 6} = 1.36$; $P = 0.3247$) (Figura 1). A pesar de que el número de individuos finales entre los tratamientos fue significativamente diferente ($F_{2, 6} = 5.29$; $P = 0.0474$) (Figura 2). Se observó que la mayor cantidad de individuos se obtuvo con el tratamiento T3 (Figura 2).

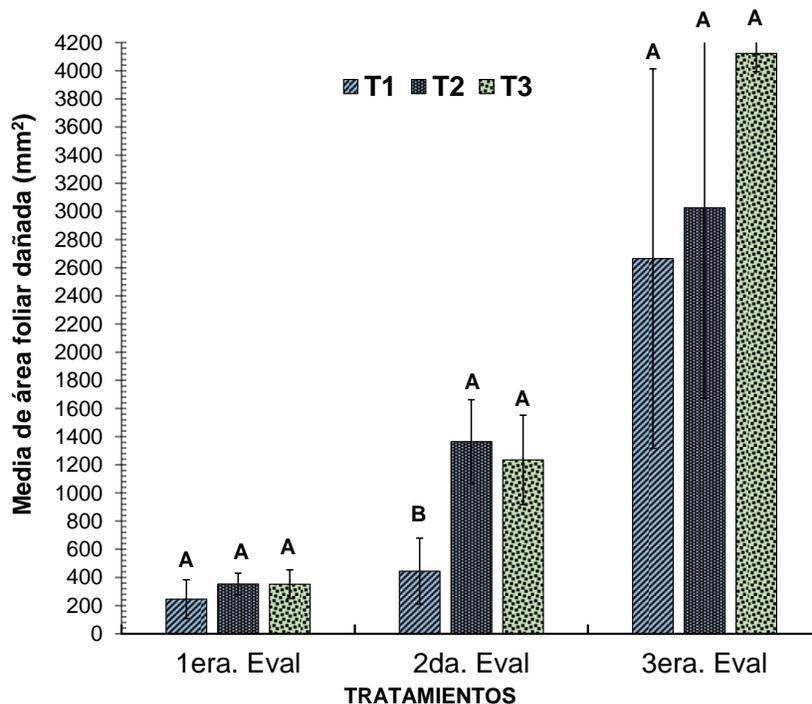


Figura 1. Área foliar estimada (mm^2) en plantas de *C. papaya* entre tratamientos evaluados. Letras diferentes sobre la barra indican diferencias significativas ($P \leq 0.05$). Las barras sobre las columnas representan una desviación estándar (DE) de tres repeticiones en cada evaluación

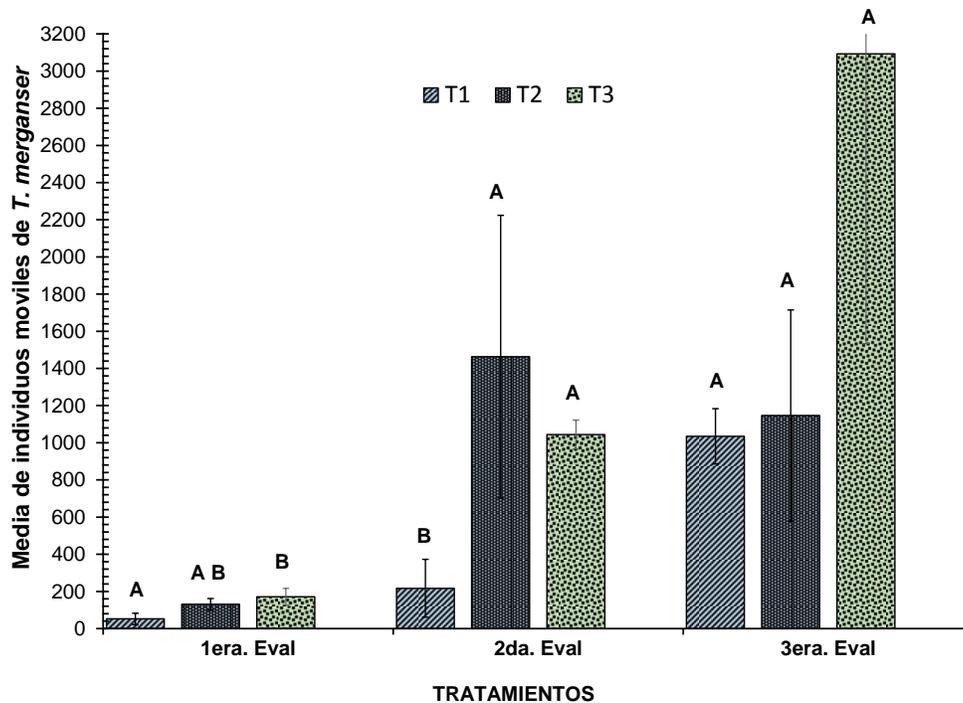


Figura 2. Promedio de individuos móviles de *T. merganser* en las tres evaluaciones realizadas en plantas de *C. papaya*. Las barras sobre las columnas representan una desviación estándar (DE) de tres repeticiones de cada evaluación.

Los resultados del análisis factorial indican que la interacción entre la densidad poblacional inicial (DI) de *T. merganser* y el tiempo de evaluación [21, 42 y 63 días posteriores a la infestación (DPI)] fue altamente significativa sobre el daño foliar ocasionado por *T. merganser* ($F_{8, 16} = 94.30$; $P = 0.0001$) (Cuadro 3). La mayor área dañada se encontró a los 63 DPI y 15 individuos de DI ($\bar{x} = 4122.9 \text{ mm}^2$), seguida por 63 DPI y 10 DI ($\bar{x} = 3768.1 \text{ mm}^2$), las cuales fueron estadísticamente diferentes al resto de las combinaciones. Mientras que el efecto de las combinaciones 21DPI y 5DI, 21DPI y 105DI, 21DPI y 15DI, y 24DPI y 5DI 5-42 en el área foliar dañada fueron significativamente menores al resto de las combinaciones (Cuadro 3).

Cuadro 3. Área foliar dañada por *T. merganser* en la interacción DPI y DI. Letras iguales indican similitud estadística.

Tiempo de evaluación (días posteriores a la infestación (DPI))	Densidad inicial (DI) (Hembras)	Área foliar dañada promedio (mm ²)	Tukey (P≤0.05)
63	15	4122.9	A
63	10	3768.1	A
63	5	1893.1	B
42	10	1365.0	B
42	15	1235.0	B
42	5	445.0	C
21	10	352.7	C
21	15	352.3	C
21	5	245.4	C

En relación al efecto de la interacción DPI y DI sobre la densidad poblacional final de *T. merganser*, fue significativamente mayor a 63 DPI Y 15 DI (Cuadro 4).

Cuadro 4. Densidad final de *T. merganser* por efecto de la interacción evaluación x tratamientos. Letras diferentes indican diferencias significativas P≤0.05, DSH de Tukey). Cada valor representa la media de tres repeticiones.

Tiempo (DPI)	Densidad (DI)	Densidad final promedio (individuos móviles)	Tukey (P≤0.05)
63	15	2207.0	A
63	10	1466.5	B
63	5	1034.3	C B
42	10	1024.5	C B
42	15	943.0	C
42	5	216.7	D
21	15	159.7	D
21	10	130.3	D
21	5	52.3	D

6.2 Estimación del daño ocasionado por *T. merganser* en el área foliar en presencia de *Neoseiulus californicus* y *Amblyseius swirskii*

6.2.1 Primer experimento

No se observaron diferencias significativas en el área foliar dañada en todos los tratamientos, incluyendo al testigo ($F_{6, 28} = 2.20$; $P=0.0726$) (Figura. 3).

Al comparar el área foliar dañada entre los tratamientos, en donde se introdujeron los depredadores (T1-T6), no se observaron diferencias significativas ($F_{5, 24}=1.96$; $P=0.1222$). No obstante, si hubo diferencias significativas en el área foliar dañada entre los tratamientos combinados de *A. swirskii* y *A. californicus* ($F_{5, 24}= 3.55$; $P=0.0448$) (Figura 4). El área foliar dañada de los tratamientos T1 ($=365.80\text{mm}^2$) fue significativamente diferente al área observada en los tratamientos T3 (235.80mm^2) (Figura 4). El área foliar de los tratamientos T2 ($\bar{x}=290.20\text{mm}^2$) y T3 no fue significativamente diferente entre sí (Figura 4).

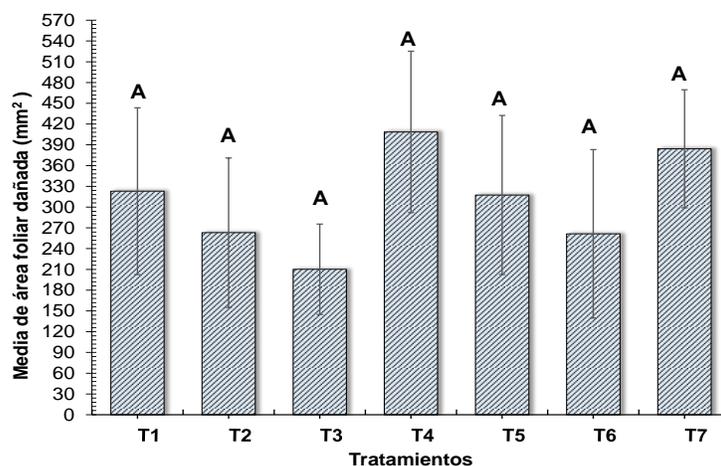


Figura 3. Área foliar dañada causada por *T. merganser* en los tratamientos de *A. swirskii* (T1-T3) y de *N. californicus* (T4-T6) con respecto al tratamiento testigo (T7). Letras diferentes sobre la barra indican diferencias significativas $P \leq 0.05$ (DSH de Tukey). Las barras sobre las columnas indican una desviación estándar. Cada valor representa la media de cinco repeticiones.

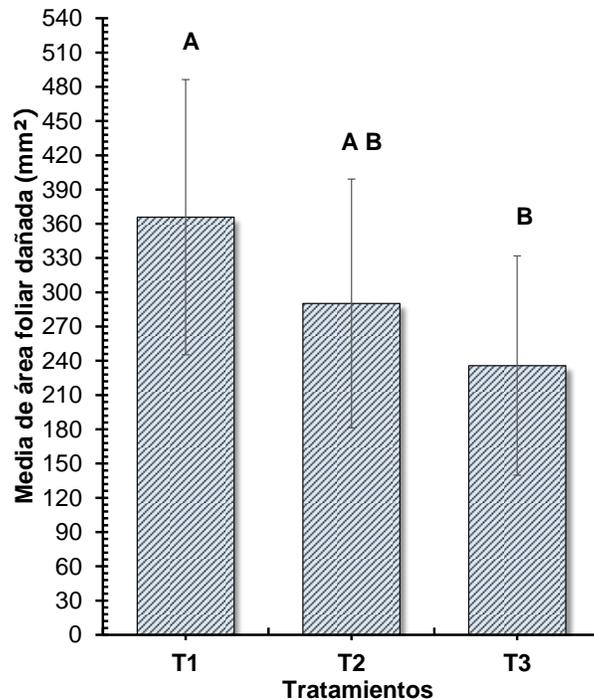


Figura 4. Área foliar dañada por *T. merganser* con respecto a las densidades de *A. swirskii* y de *N. californicus*. En los tratamientos se consideraron a las dos especies de fitoseidos. Letras diferentes sobre la barra indican diferencias significativas $P \leq 0.05$ (DS de Tukey). Las barras sobre las columnas indican una desviación estándar. Cada valor representa la media de diez repeticiones.

No se observaron diferencias significativas en el área foliar dañada por *T. merganser* como resultado de las combinaciones: especies de fitoseidos [*A. swirskii* (Sp1) y *N. californicus* (Sp2)] y la densidad poblacional inicial de éstos (T1-T6) ($F_{5, 24} = 2.53$; $P = 0.1245$). En la interacción entre especies de depredadores y tratamientos (T1-T6), no se observaron diferencias significativas ($F_{5, 24} = 1.96$; $P = 0.1222$).

Los resultados observados en la densidad poblacional final de *T. merganser*, se observaron diferencias significativas entre la cantidad de depredadores introducidos (T1-T6) ($F_{5, 24} = 42.17$; $P = 0.0001$). La densidad poblacional mayor de *T. merganser*

se observó en los tratamientos (T1 y T4), es decir, en donde se inocularon dos individuos de ambos depredadores (Sp1 y Sp2) (Figura 5). Al comparar las combinaciones: especies de fitoseidos [*A. swirkii* (Sp1) (T1-T3) y *N. californicus* (Sp2) (T4-T6)] se observaron diferencias significativas en la densidad poblacional final de *T. merganser* ($F_{5, 24} = 23.85$; $P=0.0001$). *A. swirskii* fue quien mostró mejor desempeño para reducir la densidad poblacional final de *T. merganser* ($\bar{x} = 163.87$ individuos móviles) en comparación con *N. californicus* ($\bar{x} = 255.73$) (Figura 5).

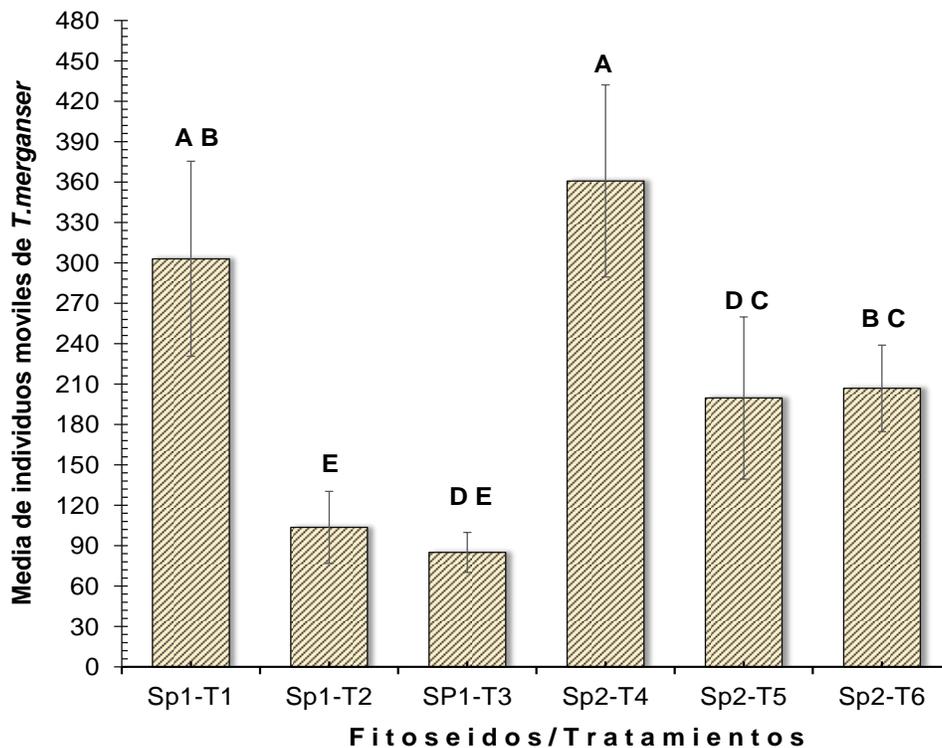


Figura 5. Combinación de *A. swirkii* (Sp1) y *N. californicus* (Sp2) con los diferentes tratamientos con respecto a los individuos móviles finales de *T. merganser*. Letras diferentes sobre la barra indican diferencias significativas $P \leq 0.05$ (DSH de Tukey). Cada valor representa la media de cinco repeticiones

Al evaluar la densidad final de los depredadores con respecto a los introducidos inicialmente, los resultados mostraron que hubo diferencias significativas entre los

tratamientos (T1-T6) ($F_{5, 24} = 2.08$; $P=0.1466$). Pero al combinar los tratamientos respectivos de cada depredador [Sp1 (T1-T3) y Sp2 (T4-T6)] si hubo diferencias significativas ($F_{5, 24} = 22.37$; $P=0.0001$). LA mayor población final del depredador fue con la Sp1 ($\bar{x}= 20.8$), con respecto a la Sp2 ($\bar{x}= 10.467$) (Figura 6).

El efecto de la interacción: especie de depredador y tratamientos [Sp1 (T1-T3) y Sp2 (T41-T6)] en la densidad final de los depredadores mostró diferencias significativas ($F_{5, 24} = 6.26$; $P=0.0008$). La Sp1 (*A. swirskii*) presentó mayor densidad poblacional final en todos los tratamientos de manera proporcional a los individuos inoculados (T1-T3) (Figura 6). Por el contrario, la densidad poblacional final de *N. californicus* no fue proporcional a los organismos inoculados (T4-T6) (Figura 6).

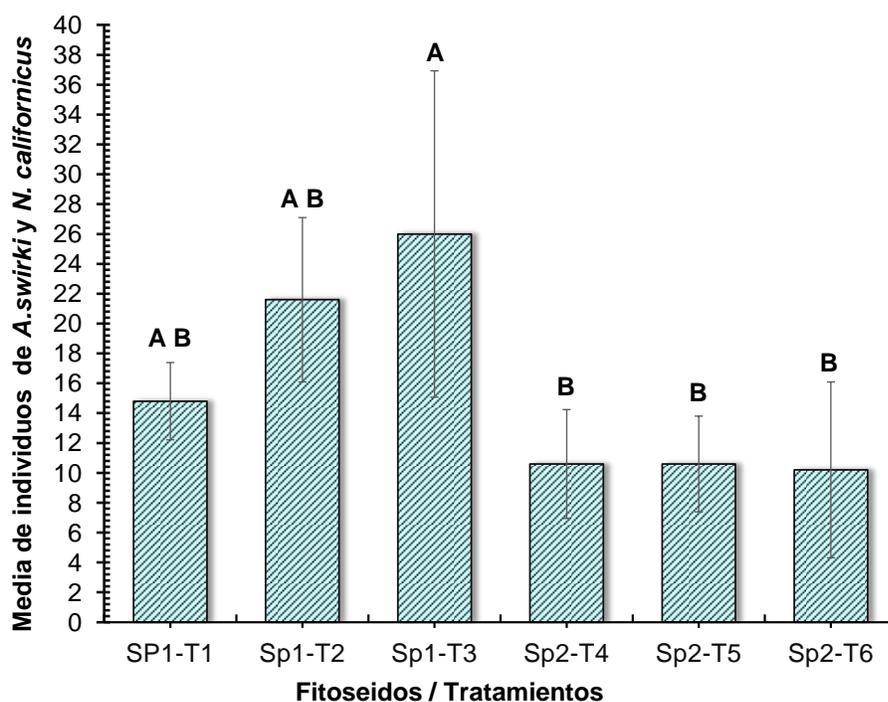


Figura 6. Densidades finales de *A. swirskii* (Sp1) y *N. californicus* (Sp2) en los diferentes tratamientos. Letras diferentes sobre la barra indican diferencias significativas $P \leq 0.05$ (DSH de Tukey). Cada barra en las columnas representa una desviación estándar. Cada valor representa la media de cinco repeticiones

El análisis de regresión indicó que la densidad de depredadores fue un factor importante para la predicción del área foliar dañada ($P > t = 0.0869$). El modelo de regresión para la predicción del área foliar dañada es el siguiente: fotosíntesis = $368.459 - 4.5539$ (densidad de depredador). Lo anterior indica que, al aumentar la cantidad de depredadores disminuye el área foliar dañada. El modelo presentó un coeficiente de determinación bajo ($R^2 = 0.10$).

Del mismo modo se investigó la relación entre área foliar dañada y la densidad de *T. merganser* encontrando el siguiente resultado: la densidad de *T. merganser* es un factor importante para la predicción del área foliar dañada ($P > t = 0.0004$). El modelo de regresión para la predicción del área foliar dañada es el siguiente: área foliar dañada = $161.439 + 0.6474$ (densidad de *T. merganser*).

6.2.2 Segundo experimento

En este experimento, se observaron diferencias significativas en el área foliar dañada, al comparar todos los tratamientos (T1-T7), tanto en donde se introdujeron depredadores como en el testigo ($F_{6,14} = 21.74$; $P = 0.0001$) (Figura 7). La mayor área dañada se presentó en el testigo ($\bar{x} = 377.75 \text{ mm}^2$) y fue diferente al resto de los tratamientos. La menor área dañada se observó con el T3 ($\bar{x} = 85.07 \text{ mm}^2$), el cual fue estadísticamente diferente a los tratamientos T1, T4 y T7 (Figura 7).

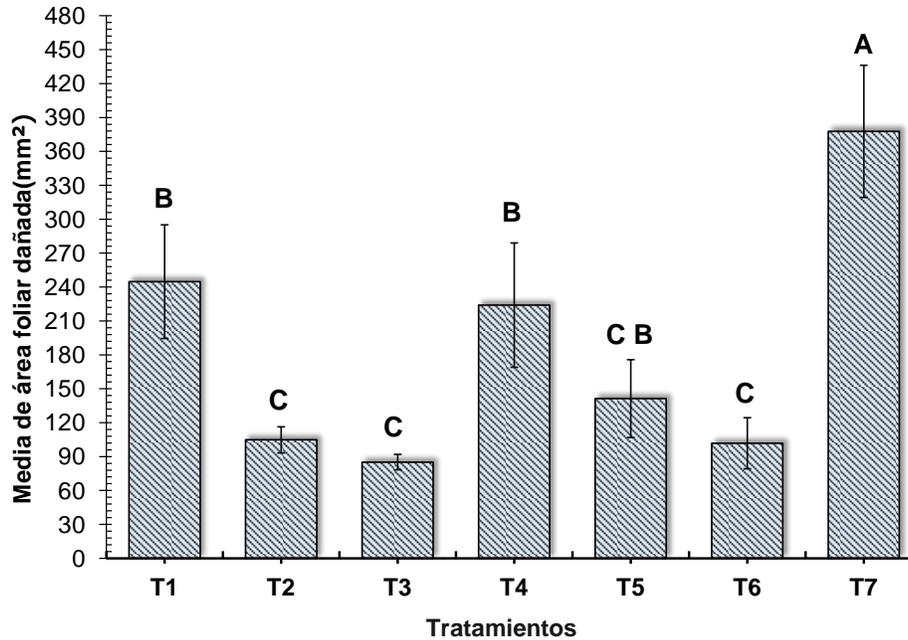


Figura 7. Daño de *T. merganser* con los tratamientos de *A. swirskii* (T1-T3) y de *N. californicus* (T4-T6) con respecto al tratamiento control (T7). Letras diferentes sobre la barra indican diferencias significativas $P \leq 0.05$ (DSH de Tukey). Las barras sobre las columnas indican una desviación estándar. Cada valor representa la media de tres repeticiones.

Al comparar el área foliar dañada entre los tratamientos en donde se introdujeron los depredadores (T1-T6), se observaron diferencias significativas ($F_{5,12}=31.57$; $P=0.0001$). Pero, no se observaron diferencias significativas en el área foliar dañada cuando se compararon las especies (Sp1 y Sp2) ($F_{1,12}=0.92$ $P=0.3552$). La combinación de los T1 y T2, mostraron menor área foliar dañada (Figura 8).

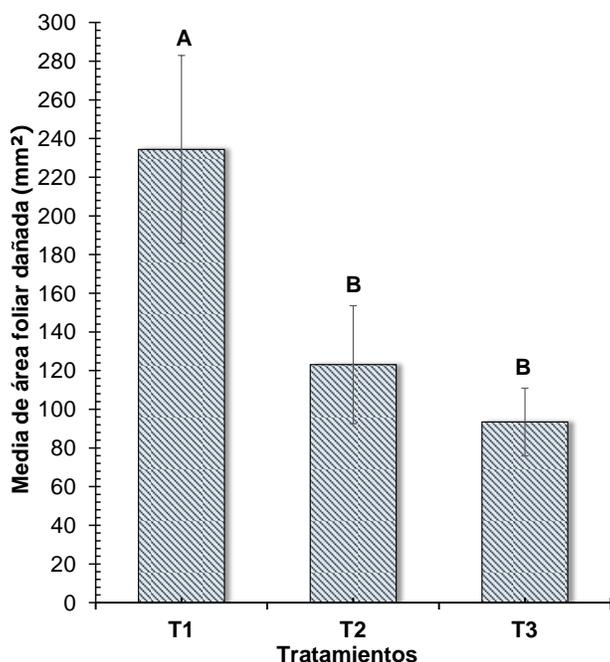


Figura 8. Daño de *T. merganser* en densidad de *A. swirskii* y de *N. californicus*. Los tratamientos están involucradas las dos especies de fitoseidos. Letras diferentes sobre la barra indican diferencias significativas $P \leq 0.05$ (DSH de Tukey). Las barras sobre las columnas indican una desviación estándar. Cada valor representa la media de seis repeticiones.

Se encontró diferencias significativas en el área foliar dañada por *T. merganser* como resultado de las combinaciones: especies de fitoseidos [*A. swirskii* (Sp1) y *N. californicus* (Sp2)] y la densidad poblacional inicial de estos (T1-T6) ($F_{5,12}=13.32$; $P=0.0002$). La mayor área foliar dañada se observó con la densidad baja de *A. swirskii* (T1) ($\bar{x}=243.04 \text{ mm}^2$) y *N. californicus* (T4) ($\bar{x}=221.71 \text{ mm}^2$). El menor daño se obtuvo en las densidades altas de ambos depredadores (T3 y T6) (Figura 9). No se encontraron diferencias significativas entre la cantidad de depredadores introducidos (T1-T6) y la densidad poblacional final de *T. merganser* ($F_{5, 12}=0.66$; $P=0.2616$) (Figura 10). No se obtuvieron diferencias significativas al comparar ambas especies de depredadores ($F_{5, 12}=0.66$; $P=0.6593$).

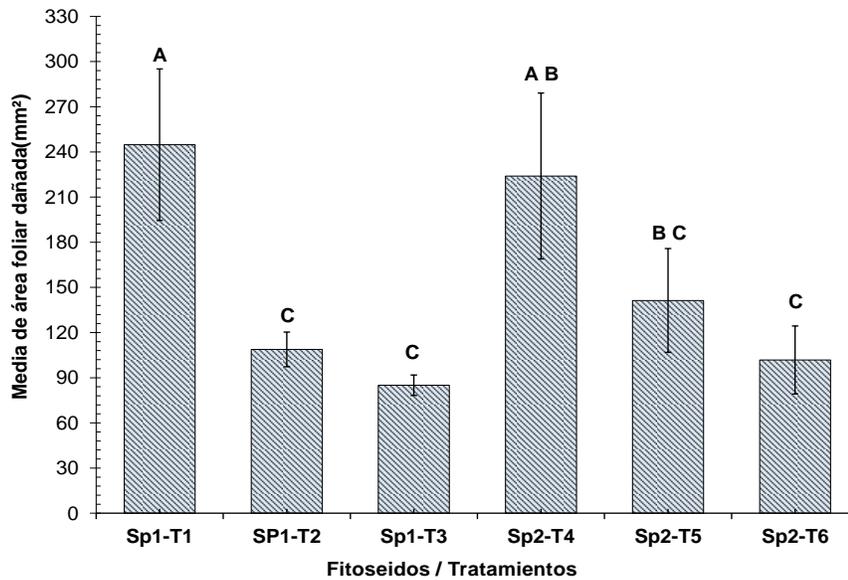


Figura 9. Combinación de *A. swirskii* (Sp1) y *N. californicus* (Sp2) con diferentes tratamientos con respecto al daño de *T. merganser*. Letras diferentes sobre la barra indican diferencias significativas $P \leq 0.05$ (DSH de Tukey). Cada barra en las columnas representa una desviación estándar. Cada valor representa la media de tres repeticiones.

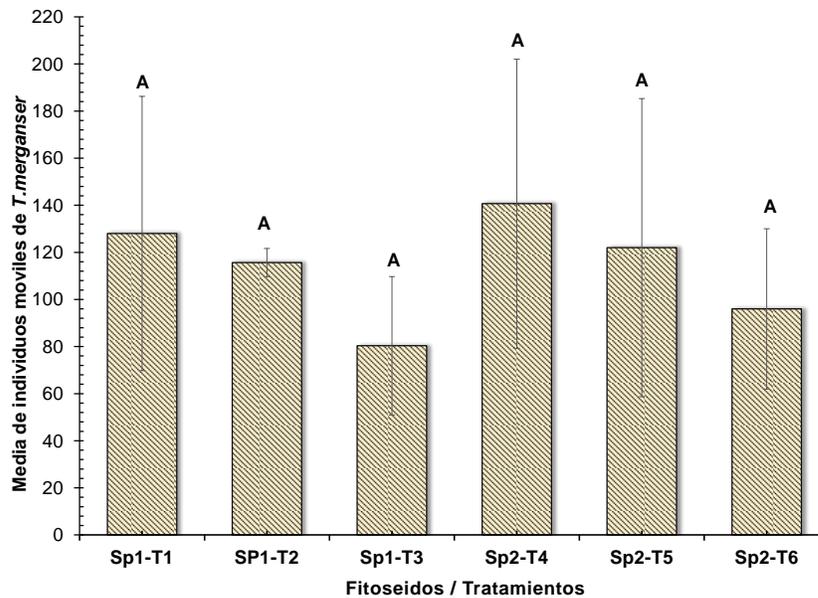


Figura 10. Combinación de *A. swirskii* (Sp1) y *N. californicus* (Sp2) con las diferentes tratamientos con respecto a los individuos móviles de *T. merganser*. Letras diferentes sobre la barra indican diferencias significativas $P \leq 0.05$ (DSH de Tukey). Cada valor representa la media de tres repeticiones.

El efecto de la interacción especie de depredador y densidad inicial de depredadores (T1-T6), sobre la densidad final de los fitoseidos depredadores, no fue estadísticamente significativa ($F_{5,12} = 2.36$; $P = 0.103$) (Figura 11).

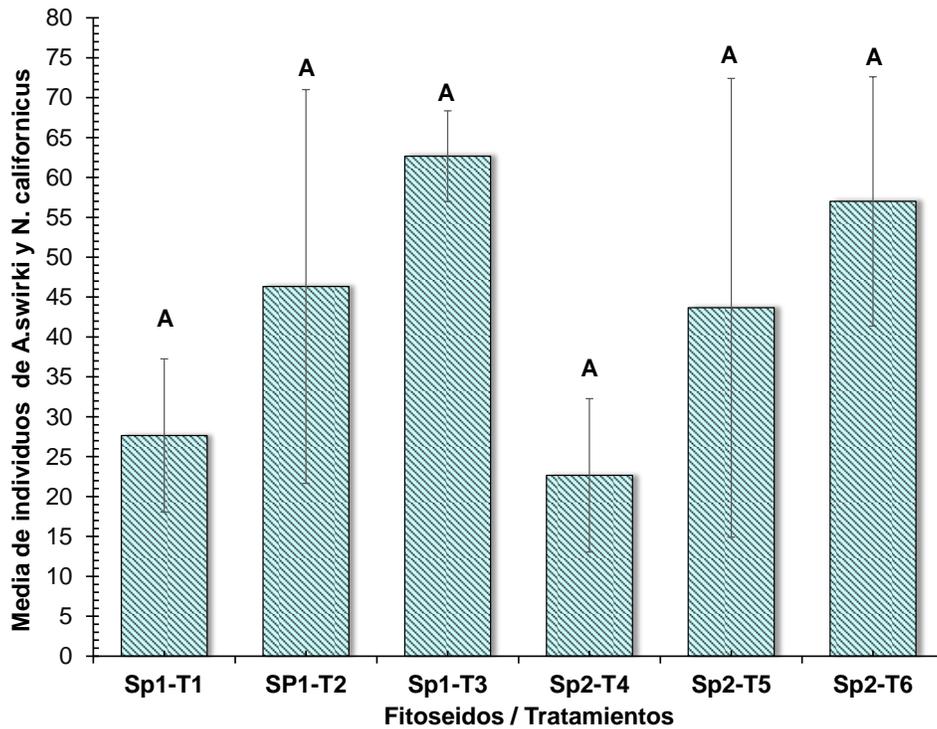


Figura 11. Densidades finales de *A. swirskii* (Sp1) y *N. californicus* (Sp2) con los diferentes tratamientos. Letras diferentes sobre la barra indican diferencias significativas $P \leq 0.05$ (DSH de Tukey). Cada barra en las columnas representa una desviación estándar. Cada valor representa la media de tres repeticiones.

7. DISCUSIÓN

Tetranychus merganser es un ácaro de hábitos polípagos y está muy relacionado taxonómicamente con *T. urticae*, el cual es considerado, en todo el mundo, como el ácaro más peligroso por los daños económicos que ocasiona a las plantas cultivadas (Jeppson *et al.*, 1975 y Helle y Sabelis, 1985). Desafortunadamente, la información que existe acerca de *T. merganser* es muy escasa, y nuestras observaciones sugieren que esta especie posee una gran habilidad para establecerse en diferentes especies de plantas, lo que lo hace importante dado que representa un riesgo para diferentes cultivos. Por esta razón, es trascendental generar información que ayude a diseñar métodos de muestreo apropiados, así como estrategias de control.

Al usar imágenes digitalizadas de las hojas que fueron infestadas por *T. merganser* en los diferentes tratamientos, se determinó con una buena precisión el área foliar dañada, la cual se vio relacionada con el tiempo durante el cual los ácaros, permanecieron sobre las plantas (21, 42 y 63 días) (Figura 1); además, se correlaciona con la mayor población observada de *T. merganser* (Figura 2). No se observó un efecto entre los tratamientos en cada periodo de evaluación. Se considera que esto se debe a que la densidad poblacional inicial de ácaros, que se introdujeron en cada uno de los tratamientos eran densidades bajas, por lo que, si se inocularan los tratamientos con una mayor diferencia (ej. 5, 25, 50, 100), una posible relación en el daño de área foliar podría ser observada. Aunque existen reportes con *T. urticae* en donde se han inoculado inicialmente 2, 5, 10 y 20 ácaros

por planta, así como 1, 5, 15 y 50 hembras adultas y efectos significativos se han observado en el área foliar (De Angelis *et al.*, 1982 y Kant *et al.*, 2004).

De manera general, los resultados sugieren que si un método de control tiene que ser implementado, este tendría que hacerse como máximo 21 días después de la detección de *T. merganser*, en este tiempo se observó en promedio 200 mm² de área foliar dañada, la cual incremento cinco veces más a los 42 días después de la infestación (1000 mm²) (Figura 1), esto se correlacionó con una disminución de la fotosíntesis.

Los resultados necesitan ser validados en condiciones de campo antes de hacer una recomendación formal. Los resultados de esta investigación aportan información para realizar pruebas de campo. Estudios similares como Decou (1994) y Freitas *et al.* (2009) hacen recomendaciones similares.

Se esperaba que durante la última evaluación (63 días) hubiera diferencias significativas entre los tratamientos, con respecto a la densidad poblacional final de *T. merganser*, por ejemplo: una mayor población en el tratamiento T3, en donde se introdujo el mayor número de ácaros, tal y como reportaron De Angelis *et al.* (1983) y Li *et al.* (2002). Sin embargo, no se observaron diferencias significativas entre los Tratamientos T1 y T3. Se considera que esto se debió a que cada unidad experimental fue una planta y, como todo sistema biológico, cada planta es un recurso finito y soporta un determinado nivel poblacional de ácaros.

La fotosíntesis también fue afectada por el tiempo durante el cual los ácaros permanecieron sobre las plantas. Ya que la mayor reducción de ésta se encontró

en la tercera evaluación (63 días). Aunque no hubo evidencia experimental, se considera que las actividades de alimentación de *T. merganser* afecta la conductividad fotosintética, debido a que se alimenta en el envés de las hojas y afecta al parénquima en empalizada como se ha determinado con otros tetránquidos (Peterson y Higley 1993 y Bondada *et al.*, 1995). Por lo tanto, los resultados no mostraron una reducción en la cantidad de clorofila entre los tratamientos, a pesar de que esta medición se hizo en la última evaluación (63 días) como ha sido observado por otros investigadores (Freitas *et al.*, 2009).

Así mismo, entre fotosíntesis y daño se encontró una correlación baja, de 0.27; sin embargo, el análisis de regresión mostró que la variable daño (área foliar dañada) es importante para la predicción de la fotosíntesis. El modelo de regresión (Figura 3) fue el siguiente: fotosíntesis = 9.56537 - 0.00793 (daño), se determinó que al aumentar la intensidad del daño en las hojas de la planta, la fotosíntesis se reducirá, lo cual concuerda con Landeros *et al.* (2003), Mirabal (2003), Reddall *et al.* (2004) y Freitas *et al.* (2009) quienes establecen que cuando *Tetranychus* penetra sus estiletes y causa daño en las hojas, disminuye la actividad fotosintética de la planta. Los resultados indican (R= 0.762) que la variabilidad explicada por el modelo fue muy baja, por lo tanto, para una mejor explicación de la variable “fotosíntesis”, se recomienda considerar otras variables que no se consideraron en el experimento.

Cuando *A. swirskii* y *N. californicus*, dos especies de depredadores generalistas, fueron introducidos en las plantas (21 días después de haber infestado con *T. merganser*); la mayor área foliar dañada fue observada en los tratamientos T1 y T4

(2 individuos de *A. swirskii* y *N. californicus*); es decir, con la menor densidad de depredadores. A diferencia del segundo experimento, en donde la densidad poblacional inicial de los depredadores que se introdujeron en los tratamientos tuvo mayor relación con el área foliar dañada y no hubo correlación entre las especies inoculadas. Es importante señalar que en los experimentos, se evaluaron los depredadores de manera separada para evitar la competencia o el canibalismo, lo cual pudo producir diferencias en los resultados. De manera general, se hipotetiza que si un depredador va a ser usado en condiciones de campo, la introducción debe hacerse después de 21 días de la detección de los ácaros plaga, porque una reducción significativa en daño puede obtenerse, lo cual coincide con otros trabajos (Decou, 1994; Kerguelen y Hoddle, 1999 y Hoddle *et al.*, 2000). Iniciar a este tiempo con el control biológico puede prevenir que se extiendan los daños.

A. swirskii (T3) presentó mejor eficacia en suprimir a *T. merغانser* en comparación con *A. californicus*; es decir, que este depredador no fue eficaz. Por lo que, se concuerda con la información brindada por Syngenta (2014), al determinar que *A. californicus* no controla grandes brotes de araña roja, excepto a constantes liberaciones. Puesto que en esta investigación, el control biológico no fue aumentativo, sino clásico, el resultado no fue significativo.

Se coincidió con Abad-Moyano *et al.* (2010), Barber *et al.* (2010), Ragusa *et al.* (2009), Stansly y Castillo (2009), Sazo *et al.* (2006), Gerson *et al.* (2003), Flint y Driestadt (1999), McMurtry y Croft (1997) y Swirski *et al.* (1970), quienes han establecido que *Amblyseius californicus* y *Amblyseius swirskii*, son organismos

generalistas, y en ausencia de su presa preferente, *T. urticae* para *Amblyseius californicus* y *B. tabaci* para *Amblyseius swirskii*, éstos pueden subsistir, reproducirse y alimentarse comiendo otras especies de tetraníquidos. Lo cual, se comprobó en esta investigación, donde *A. californicus* y *A. swirskii* se alimentaron de *T. merganser*, disminuyendo la población del mismo.

8. CONCLUSIONES

Con base en los resultados obtenidos, se concluyó que el objetivo general planteado en esta investigación se cumplió. Es decir, se estimó el nivel de daño de *T. merganser* y se evaluó la respuesta fisiológica de las plantas de papaya así como la disminución del daño ocasionado por este ácaro, al infestar con los depredadores *Neoseiulus californicus* y *Amblyseius swirskii*.

El nivel de daño foliar se relaciona con el número de individuos de *T. merganser* presentes en la planta, y estas diferencias son más evidentes en las primeras evaluaciones, que representan las etapas de mayor desarrollo del ácaro. El nivel de clorofila no fue diferente en ningún tratamiento.

Se comprobó que los depredadores utilizados en esta investigación: *Neoseiulus californicus* y *Amblyseius swirskii* son viables para el control de *T. merganser*. A pesar de que no se disminuyó considerablemente el daño ocasionado por *T. merganser*, puesto que para su control efectivo, se debe infestar con altas densidades de estos depredadores. El depredador que tuvo mejor resultado en el segundo experimento fue *A. swirskii*. En el primer experimento no hubo diferencia significativa en el uso de estos depredadores.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Abad-Moyano, R; T Pina; J Pérez-Panadés; EA Carbonell and 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, ZM (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.
- Ahn, JJ; KW Kim and JH Lee (2011). Functional response of *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae) to *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) on strawberry leaves. *Journal of Applied Entomology* 134: 98-104.
- Amano, H and DA Chant (1978). Mating behaviour and reproductive mechanisms of two species of predaceous mite, *Phytoseiulus persimilis*. Athias-Henriot and *Amblyseius andersoni* (Chant) (Acarina: Phytoseiidae). *Acarología* 28: 201-220.
- Aponte, O and J McMurtry (1992). Mating behaviour and reproductive mechanisms of *Amblyseius colimensis* Aponte and McMurtry (Acari: Phytoseiidae). *Bol. Entomol. Venez.* 7(1): 1-12.
- Badii, M; J Landeros and E Cerna (2010). Regulación poblacional de ácaros plaga de impacto agrícola (*population regulation of pest mites of agricultural significance*) *Daena: International Journal of Good Conscience* 5(1) 270-302.
- Badii, MH and J Landeros (2007). Invasión de especies o el tercer jinete de Apocalipsis ambiental. *Daena* 2(1): 39-53.
- Badii, MH; J Landeros and E Cerna (2011). Regulación poblacional de ácaros plaga de impacto agrícola. *Daena International Journal Conscienc.* 5:270-302.
- Baker EW and DM Tuttle (1994). A guide to the spider mites (Tetranychidae) of the United States. West Bloomfield, USA, Indira Publishing House: 347 p.
- Barber, A; CAM Campbell; H Crane; R Lilley and E Tregidga (2010). Biocontrol of twospotted spider mite *Tetranychus urticae* on dwarf hops by the phytoseiid mites *Phytoseiulus persimilis* and *Neoseiulus californicus*. *Biocontrol Science and Technology* 13(3): 275-284.

- Bolland HR; J Gutierrez, CHW Flechtmann (1998). World catalogue of the spider mite family (Acari: Tetranychidae). Brill Academic Publishers, Leiden, Netherlands.
- Bondada, BR; DM Oosterhuis; NP Tugwell and KS Kim (1995). Physiological and cytological studies of two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch, injury in cotton. Southwest Entomology 20: 171-180.
- Boudreaux, BH (1954). New species of tetranychid mites. Pan Pacific Entomol. 30: 181-186.
- Calvo, FJ; K Bolckmans K and JE Belda (2009). Development of a biological control-based IPM method for *Bemisia tabaci* for protected sweet pepper crops. Entomol Exp Appl. 13 (3):9–18
- Canlas, LJ; H Amano; N Ochiai and M Takeda (2006). Biology and predation of the Japanese strain of *Neoseiulus californicus* (McGregor) (Acari: Phytoseiidae). Systematic and Applied Acarology 11: 141-157.
- Castagnoli, M and L Falchini (1993). Suitability of *Polyphagotarsonemus latus* (Banks) (Acari: Tarsonemidae) as prey for *Amblyseius californicus* (McGregor) (Acari Phytoseiidae). Redia 76: 273-279.
- Castagnoli, M and S Simoni (2003). Effect of long-term feeding history on numerical and functional response of *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae). Experimental and Applied Acarology 23: 217-234.
- Castagnoli, M; S Simoni and D Goggioli (2000) Attività biologica di sostanze vegetalinei confronti di *Tetranychus urticae* Koch (Acari Tetranychidae) e del suo predatore *Neoseiulus californicus* (McGregor) (Acari Phytoseiidae). Redia. 83: pp. 141-150
- Cédola, CV; NE Sánchez and GG Liljesthröm (2001). Effect of tomato leaf hairiness on functional and numerical response of *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae). Experimental and Applied Acarology 25: 819-831.
- Cituk, C; A Tun; L Trejo; M Borges y R Arzápalo (2006). Producción de Papaya (*C. papaya* L.) variedad Maradol para Yucatán. Instituto Tecnológico agropecuario No. 2. Centro de investigaciones y graduados agropecuarios. México.
- Collier, RJ; LH Baumgard; AL Lock and DE Bauman (2004). Physiological limitations, nutrient partitioning. Pages 351–378 in Yields of Farmed Species: Constraints and Opportunities in the 21st Century. J. Wiseman and R. Sylvester, ed. Nottingham Univ. Press. Nottingham, UK.
- Crane, JH and W Campbell (1990). Origin and distribution of tropical and subtropical fruits, p. 1-65. In S. Nagy y P. Shaw, W. Wardoski (eds.). Fruits of Tropical and

Subtropical Origin: Composition, Properties and Uses. Florida Science Source, Inc. Lake Alfred, Florida, Estados Unidos de América.

- Croft, BA and C Jung (2001). Phytoseiid dispersal at plant to regional levels: a review with emphasis on management of *Neoseiulus fallacis* in diverse agroecosystems. *Experimental and Applied Acarology* 25: 763-784.
- De Angelis, JD; E Berry and GW Krantz (1983). Photosynthesis, leaf conductance and leaf chlorophyll content in spider mite (Acari: Tetranychidae) injured peppermint leaves. *Environmental Entomology* 12: 345-348.
- De Angelis, JD; KC Larson; EB Ralph and GW Krantz (1982). Effects of spider mite injury on transpiration and leaf water status in peppermint. *Environmental Entomology* 11: 975-978
- De Courcy, W; ME Kravar-Garde; JS Fenlon and K Sunderland (2004). Phytoseiid mites in protected crops: the effect of humidity and food availability on egg hatch and adult life span of *Iphiseius degenerans*, *Neoseiulus cucumeris*, *N. californicus* and *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae). *Experimental and Applied Acarology* 32(2): 1-13.
- Decou, GC (1994). Biological control of the two-spotted spider mite (Acarina: Tetranychidae) on commercial strawberries in Florida with *Phytoseiulus persimilis* (Acarina: Phytoseiidae). *Entomology* 77:33–41.
- Easterbrook, MA (1992). The possibilities for control of two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* on field-grown strawberries in the UK by predatory mites. *Biocontrol Sci. Technol.* 2: 235-245.
- El-Laithy, AYM and AH Fouly (1992). Life table parameters of the two phytoseiid predators *Amblyseius scutalis* (Athias-Henriot) and *A. swirskii* Athias-Henriot. *Journal of Applied Entomology* 113:8–12.
- El-sawi, SA and BA Abou-Awad (1992). Starvation and fertilisation affecting reproduction in *Amblyseius swirskii* Athias-Henriot and *A. gossipi* El-Badry (Acari: Phytoseiidae). *Journal of Applied Entomology* 113. 239–243.
- Escudero, LA and F Ferragut (2005). Life-history of predatory mites *Neoseiulus californicus* and *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae) on four spider mite species as prey, with special reference to *Tetranychus evansi* (Acari: Tetranychidae). *Biological Control* 32: 378-384.
- Ferragut, F y MC Santoja (1989). Taxonomía y distribución de los ácaros del género *Tetranychus* Dufour 1832 (Acari: Tetranychidae), en España. *Boletín de sanidad vegetal: Plagas* 15: 271-281.

- Flechtmann, CHW and JA McMurtry (1992). Studies on how phytoseiid mites feed on spider mites and pollen. *International Journal of Acarology* 18(3): 157-162.
- Flechtmann, CHW and KK Danuta (2002). New species and new record of *Tetranychus* Dufour from Australia, with a key to the major groups in this genus based on females (Acari: Prostigmata: Tetranychidae). *Australian Journal of Entomology* 41:118–127.
- Flechtmann, CHW; DK Knihinicki (2002). New species and new record of *Tetranychus* Dufour from Australia, with a key to the major groups in this genus based on females (Acari: Prostigmata:Tetranychidae). *Australian Journal of Entomology* 41: 118-127.
- Flint, ML and SH Driestadt (1999). *Natural enemies Handbook: The illustrated guide to biological pest control*. University of California Press. pp. 108-109.
- Freitas, A; R Oliveira; P Nabity; L Higley and O Fernandes (2009). Photosynthetic response of soybean to twospotted spider mite (Acari Tetranychidae) injury. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 52(4): 825 834.
- Garber, MP; WG. Hudson; JG Norcini; RK Jones; AR Chase and K. Bondari. (1996). Pest management in the United States Green house and nursery industry: I. Trends in chemical and nonchemical control. *Hortic. Tech.* 6: 194-200.
- Gerson U and PG Weintraub (2007). Review: mites for the control of pests in protected cultivation. *Pest Management. Science* 63: 658-76.
- Gerson, U; RL Smiley and R. Ochoa (2003). *Mites (Acari) for pest control*. Blackwell Publishing. Ames, IA.
- Goka, K (1998). Mode of inheritance of resistance to three new acaricides in the Kanzawa spider mite, *Tetranychus kanzawai* Kishida (Acari: Tetranychidae). *Experimental and Applied Acarology* 22: 699–708.
- Gotoh, TR (1997). Annual life cycles of populations of the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) in four Japanese pear orchards. *Applied Entomology and Zoology (Japan)* 32: 207-216.
- Gotoh, TR and K Gomi (2003). Life-history traits of the Kanzawa spider mite *Tetranychus kanzawai* (Acari: Tetranychidae). *Applied Entomology and Zoology* 38 (1): 7-14.
- Gotoh, TR; A Araki; A Boubou; A Migeon; F Ferragut and M Navajas (2009). Evidence of co-specificity between *Tetranychus evansi* and *T. takafujii* (Acari: Prostigmata, Tetranychidae): comments on taxonomical and agricultural aspects. *International. Journal of Acarology* 35: 485–501.

- Gotoh, TR; K Yamaguchi and K Mori (2004). Effect of temperature on life history of the predatory mite *Amblyseius (Neoseiulus) californicus* (Acari: Phytoseiidae). *Experimental and Applied Acarology* 32: 15-30.
- Gotoh, TR; S Kaibara and I Tamura (2007). Species composition and seasonal changes of spider mite density on a leguminous plant *Pueraria lobata*. *Applied Entomology and Zoology* 42: 685–692.
- Greco, N; G Liljeström and N Sánchez. 1999. Spatial distribution and coincidence of *Neoseiulus californicus* and *Tetranychus urticae* (Acari: Phytoseiidae, Tetranychidae) on strawberry. *Experimental and Applied Acarology* 23: 567-580.
- Greco, NM; NE Sánchez and GG Liljeström (2005). *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae) as a potential control agent of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae): effect of pest/predator ratio on the pest abundance on strawberry. *Experimental and Applied Acarology* 37: 57-66.
- Helle, W and Sabelis MW (1985). *Spider mites: their biology, natural enemies and control*. Elsevier, Amsterdam. 458 pp.
- Hoda, FM; ME El-Naggar; AH Taha and GA Ibrahim (1986). Effect of different types of food on fecundity of predaceous mite *Amblyseius swirskii* Athias-Henriot (Acari: Phytoseiidae). *Bull Soc Entomol.* 66:113–116.
- Hoddle, MS; L Robinson and J Virzi (2000). Biological control of *Oligonychus perseae* (Acari: Tetranychidae) on avocado. III. Evaluating the efficacy of varying release rates, and release frequency of *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae). *International Journal of Acarology* 26: 203-214.
- 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*. Editorial Trillas. pp. 93-104.
- Jeppson, LR, Keifer HH, Baker EW (1975), *Mites injurious to economic plants*. University of California Press, Berkeley.
- Jung, C and BA Croft (2001) Aerial dispersal of phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae): Estimating falling speed and dispersal distance of adult females. *Oikos* 94: 182-190.
- Kant MR; K Ament; MW Sabelis; MA Haring; RC Schuurink (2004). Differential timing of spider mite-induced direct and indirect defenses in tomato plants. *Plant Physiology* 135(1):483-95
- Kerguelen, V and MS Hoddle (1999). Biological control of *Oligonychus perseae* (Acari: Tetranychidae) on avocado: II. Evaluating the efficacy of *Galendromus*

- helveolus* and *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae). International Journal of Acarology 25: 221–229.
- Kogan, M (1998). Integrated pest management: Historical perspectives and contemporary developments. Annual Review of Entomology 43: 243-270.
- Krantz, GW and DE Walter (2009). A Manual of Acarology 3rd ed. –Texas Tech University. Press, Lubbock, Texas. 807 p.
- Kustutan, O and I Çakmak (2009). Development, fecundity, and prey consumption of *Neoseiulus californicus* (McGregor) fed *Tetranychus cinnabarinus* Boisduval. Turkish Journal of Agriculture For. 33: 19-28.
- Landeros, J; LP Guevara; MH Badii; AE Flores and A Pamanes (2003). Effect of different densities of the twospotted spider mite *Tetranychus urticae* on CO₂ assimilation, transpiration, and stomatal behaviour in rose leaves. Experimental y Applied Acarology 32: 187-198.
- Li, C; MM Williams; Loh Ying-Tsu; GI Lee and GA Howe (2002). Resistance of cultivated tomato to cell content-feeding herbivores is regulated by the octadecanoid-signaling pathway. Plant Physiology 130 (1): 494-503.
- Liburd, OE; GG Seferina and DA Dinkins (2003). Suppression of twospotted spider mites. University of Florida. Institute of Food and Agricultural Sciences Ext. Newsl. Berry/Vegetable Times. 3: 3-4.
- Lomelí-Flores, JR; L Rodríguez; G Otero C y F Esquivel (2008). Primer reporte de *Tetranychus merganser* (Acari: Tetranychidae) sobre *Opuntia ficus-indica* L. en Tlalnepantla, Morelos. En: Estrada V., E. G., A. Equihua, JR Padilla y A Mendoza (eds.). Entomología Mexicana 7:21-25.
- Lu, CT and CL Wang (2005). An investigation of spider mites on papaya and reevaluation of some acaricides. Plant Protection Bulletin 47(3): 273 -279.
- MAG (2010). Informe de la Producción Agropecuaria Regional. Región Central Sur, Ministerio de Agricultura y Ganadería, Costa Rica.
- Marafeli, PP; PR Reis; EC Da Silveira; MA de Toledo y GC Souza-Pimentel (2011). *Neoseiulus californicus* (Mc Gregor, 1954) preying in different life stages of *Tetranychus urticae* Koch, 1836 (Acari: Phytoseiidae, Tetranychidae). Acarologia 51(4): 499-506.
- McGregor, EA (1954). Two new mites in the genus *Typhlodromus* (Acarina: Phytoseiidae). Southern California Academy of Science Bulletin 53:89–92.
- McGregor, EA (1914). Four new tetranychids. Annals of the Entomological Society of America 7: 354-364.

- McMurtry, JA and BA. Croft (1997). Life styles of phytoseiid mites and their roles as biological control agents. *Annual Review of Entomology* 42: 291-321.
- Messelink, GJ; SEF Van Steenpaal; PMJ Ramakers (2006). Evaluation of phytoseiid predators for control of western flower thrips on greenhouse cucumber. *BioControl* 51:753–768.
- Mirabal, L (2003). Los ácaros depredadores como agentes de control biológico. *Revista Protección Vegetal* 18 (3):145-152.
- Momen, FM and SA El-Saway (1993). Biology and feeding behavior of the predatory mite *Amblyseius swirskii* (Acari: phytoseiidae). *Acarologia* 34:199–204.
- Moraes, GJ and CHW Flechtmann (2008) *Manual de Acarología: Acarología básica e ácaros de plantas cultivadas no Brasil*. Holos Editora, Ribeirão Preto.
- Nomikou, M; A Janssen; R Schraag; MW Sabelis (2001). Phytoseiid predators as potential biological control agents for *Bemisia tabaci*. *Experimental and Applied Acarology* 25:271–291.
- Nomikou, M; MW Sabelis and A Janssen (2010). Pollen subsidies promote whitefly control through the numerical response of predatory mites. *BioControl* 55:253–260.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación, FAO (2012). Base de Datos de Producción Agrícola por Cultivo. Organización de las Naciones Unidas Para la Agricultura y la Alimentación. Disponible en faostat.fao.org/site/567/default.aspx#ancor. Consultada en abril 2014.
- Overmeer, WPJ (1985). Rearing and Handling. En *World crop pests, vol. 1B. Spider mites: their biology, natural enemies and control*. Editado por Helle, W., Sabelis M.W. Elsevier. Amsterdam. The Netherlands. pp 161-169.
- Pantoja, A; P Follett and JJ Villanueva (2002). Pests of papaya. In: *Tropical Fruit Pests and Pollinators: Biology, Economic Importance, Natural Enemies and Control*. USA.CAB International. Cambridge.
- Peterson, RKD and LG Higley (1993). Arthropod injury and plant gas exchange: Current understanding and approaches for synthesis. *Entomology (Trends in Agril Sci)* 1:93-100. Phytoseiidae) in Israel. *Israel Journal of Entomology* 31. 21-46.
- Ragusa, E; H Tsolakis and R Jordà Palomero (2009). Effect of pollens and preys on various biological parameters of the generalist mite *Cydnodromus californicus*. *Bull Insectol* 62:153 – 158.

- Ragusa, S and E Swirski (1977). Feeding habits, post-embryonic and adult survival, mating, virility and fecundity of the predacious mite *Amblyseius swirskii* (Acari: Phytoseiidae) on some coccids and mealybugs. *Entomophaga* 22: 383–392.
- Reddall, A; V Sadras; J Wilson and Gregg (2004). Physiological Responses of Cotton to Two-Spotted Spider Mite Damage. *Crop Science* 44: 835-846.
- Reddy, GVP; R Kikuchi and JR Bautista (2013). Threshold-based spraying decision programmes for the red spider mite *Tetranychus marianae* on eggplant. *Journal Applied Entomology* 137: 429–436.
- Reyes-Pérez, N; J Villanueva J; M De la cruz V; H Cabrera M; G Otero C (2013) Parámetros poblacionales de *Tetranychus merganser* Boudeaux (Acari:Tetranychidae) en papayo (*C. papaya* L.) a diferentes temperaturas. México. *Agrociencia* 47:147-157.
- Reyes-Pérez, N; J Villanueva J; M De la cruz V; H Cabrera M; G Otero C (2012) Parámetros poblacionales de *Tetranychus merganser* Boudeaux (Acari:Tetranychidae) en papayo (*C. papaya* L.) a diferentes temperaturas. Colegio de Postgraduados. Tesis de Doctorado.
- Sabelis, MW (1985). Predation on spider mites. In: (Helle, W. y M.W. Sabelis, Eds). *Spider Mites: Their Biology, Natural Enemies and Control*. World Crop Pests Vol. 1B. pp. 103-129.
- Saito, Y (1983). The concept of “life types” in Tetranychinae. An attempt of classify the spinning behaviour of Tetranychinae. *Acarologia* 24: 377-391.
- Sarandón, SJ y R Sarandón (1993). Un enfoque ecológico para una agricultura sustentable. En:Goin F y C Goñi (Eds.) *Bases para una política ambiental de la R. Argentina*. Sección III. 279-286.
- SAS Institute Inc., SAS Online Doc 9.1.3, Cary, NC: SAS Institute Inc., 2002-2005
- Sato, ME; MZ Da Silva; FMF De Souza; AL Matioli and A Raga (2007). Management of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) in strawberry fields with *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae) and acaricides. *Experimental and Applied Acarology* 42:107-120.
- Sazo, L; JE Araya y P Iturriaga (2006). Efecto del tipo de polen sobre la supervivencia, fertilidad y viabilidad de los huevos de *Neoseiulus californicus* (Mc Gregor) (Acari: Phytoseiidae). *Boletín de Sanidad Vegetal: Plagas* 32: 619-623.
- Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera (SIAP: 2012-2013) Producción agrícola de papaya Maradol en modalidad riego más

- temporal. SAGARPA. Disponible en <http://www.siap.gob.mx>. Consultada en Septiembre de 2013.
- Stansly, P and J Castillo (2009). Control of broad mite, Polyphagotarsonemus latus and the whitefly Bemisia tabaci in open field pepper and eggplant with predaceous mites. IOBC/WPRS Bull. 49:203–206.
- Swirski, E and S Amitai (1997). Annotated list of phytoseiid mites (Mesogigmata: Phytoseiidae) in Israel. Israel Journal of Entomology 31. 21-46.
- Swirski, E; S Amitai and N Dorzia (1970). Laboratory studies on the feeding habits, postembryonic survival and oviposition of the predaceous mites *Amblyseius chilensis* Dosse and *Amblyseius hibisci* Chant (Acarina: Phytoseiidae) on various kinds of food substances. Entomophaga 15: 93-106.
- Swirskii, E; S Amitai and N Dorzia (1967). Laboratory studies on the feeding, development and reproduction of the predaceous mites *Amblyseius rubini* Swirski and Amitai and *Amblyseius swirskii* Athias-Henriot (Acarina: Phytoseiidae) on various kinds of food substances. Israel Journal of Agricultural Research 17(2):101-118.
- Syngenta, Bioline (2014). Ficha Técnica: *Amblyseius* (*Neoseiulus*) *californicus*. Disponible en: <http://www3.syngenta.com/global/bioline/SiteCollectionDocuments/Products/B4%20-%20Amblyseius%20californicus.pdf>. Consultada en agosto 2014.
- Tuttle, D; Baker and Abbatiello (1974). Spider mites from Northwestern and North Central Mexico (Acarina: Tetranychidae). Smithsonian Contributions to Zoology 171: 1-18
- Ullah, MS, D Moriya; MH Badii; G Nachman and TR Gotoh (2011). A comparative study of development and demographic parameters of *Tetranychus merganser* and *Tetranychus kanzawai* (Acari: Tetranychidae) at different temperatures. Experimental and Applied Acarology 54:1–19.
- Ullah, MS; D Morilla; MH Badii; G Nachman and GT 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, HM; G Otero C; MT Santillán G y Hernández CE (2011). Acarofauna en papaya variedad Maradol (*C. papaya* L.) en el estado Yucatán, México. Entomotropica 26 (1): 17-30.
- Van Driesche, RG; MS Hoddle and TD Center (2007). Liberación aumentativa de enemigos naturales en cultivos exteriores. En: Control de Plagas y Malezas por Enemigos Naturales. pp. 495-516.

- Van Houten, YM; ML Ostlie; H Hoogerbrugge and K Bolckmans (2005). Biological control of western flower thrips on sweet pepper using the predatory mites *Amblyseius cucumeris*, *Iphiseius degenerans*, *A. andersoni* and *A. swirskii*. IOBC/wprs Bulletin 28(1): 283-286.
- Van Lenteren, JC (2000). The state of commercial augmentative biological control: plenty of natural enemies, but a frustrating lack of uptake. BioControl. Forum paper.
- Van Lenteren, JC (2003). Quality Control and Production of Biological Control Agents: Theory and Testing Procedures. CABI Publishing. Wallingford, UK. 327 pp.
- Veerman, A (1992). Dipause in phytoseeid mites: a review. Experimental and Applied Acarology 14: 1-60.
- Waite, GK (1988). Integrated control of *Tetranychus urticae* in strawberries in southeast Queensland. Experimental and Applied Acarology 5: 23-32.
- Zhang, ZQ (2003). Mites of Greenhouses. Identification, Biology and Control. CABI Publishing. (Eds.), 235 p.