

Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria
Ingeniería Agronómica



Proyecto Especial de Graduación
Tasa de depredación y oviposición de *Neoseiulus longispinosus*
Evans y *Amblyseius swirskii* Athias-Henriot (Acari: Phytoseiidae) sobre
***Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae)**

Estudiante

César Euclides Pujols Troncoso

Asesores

Rogelio Trabanino M.Sc.

Jesús Orozco Ph.D.

Miguel Cocom Ing. Agr.

Honduras, agosto 2021

Autoridades

TANYA MÜLLER GARCÍA

Rectora

ANA M. MAIER ACOSTA

Vicepresidenta y Decana Académico

ROGEL CASTILLO

Director Departamento Ciencia y Producción Agropecuaria

HUGO ZAVALA MEMBREÑO

Secretario General

Agradecimientos

De corazón, agradecer infinitamente a mis asesores; el Ing. Rogelio Trabanino, el Dr. Jesús Orozco y el Ing. Miguel Cocom, por el apoyo incondicional a lo largo del desarrollo de mi proyecto especial de graduación. De igual manera, agradecer a todos los docentes de la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, por el conocimiento y el desarrollo brindado a lo largo de estos cuatro años.

Contenido

Agradecimientos	3
Contenido.....	4
Índice de Cuadros.....	6
Índice de Figuras	7
Índice de Anexos	8
Resumen	9
Abstract.....	10
Introducción.....	11
Materiales y Métodos.....	16
Ubicación del experimento.....	16
Preparación del medio de evaluación.....	16
Tratamientos.....	17
Descripción del experimento.....	17
Variables medidas.....	19
Tasa de depredación de <i>N. longispinosus</i> y <i>A. swirskii</i>	19
Tasa de oviposición de <i>N. longispinosus</i> y <i>A. swirskii</i>	19
Diseño experimental.....	19
Análisis estadístico.....	20
Resultados y Discusión.....	21

	5
Tasa de depredación	21
Tasa de oviposición	25
Conclusiones	28
Recomendaciones	29
Referencias.....	¡Error! Marcador no definido.
Anexos.....	38

Índice de Cuadros

Cuadro 1 Descripción de los tratamientos evaluados en el experimento	17
Cuadro 2 Promedios de individuos consumidos por <i>N. longispinosus</i> y <i>A. swirskii</i> en los estados huevo, larva y adulto de <i>T. urticae</i> a las 24, 48 y 72 horas	21
Cuadro 3 Promedios de huevos ovipositados por <i>N. longispinosus</i> y <i>A. swirskii</i> alimentándose de los estados huevo, larva y adulto de <i>T. urticae</i> a las 24, 48 y 72 horas	25

Índice de Figuras

Figura 1 Representación de una arena de evaluación.....	16
Figura 2 Fotografías de una hembra adulta perteneciente a las tres especies de ácaros evaluados en el experimento.....	18

Índice de Anexos

Anexo A Representación de la preparación de los tratamientos del experimento.....	38
Anexo B Micrografía estéreo de las diferentes etapas de desarrollo de <i>Neoseiulus longispinosus</i> realizada por Mondal <i>et al.</i> (2020).....	39
Anexo C Micrografía estéreo de huevo, larva y hembra adulta de <i>Amblyseius swirskii</i> realizada por Dođramaci <i>et al.</i> (2013).....	40
Anexo D Micrografía estéreo de las diferentes etapas de desarrollo de <i>Tetranychus urticae</i> realizada por Reséndiz-García y Castillo-Olivas (2018)	41
Anexo E Porcentajes de depredación de <i>N. longispinosus</i> y <i>A. swirskii</i> sobre 30 individuos de huevos, larvas y adultos de <i>T. urticae</i> a las 24, 48 y 72 horas.....	42
Anexo F Resultados de SAS 9.4® para los muestreos de la variable Tasa de depredación de <i>N. longispinosus</i> y <i>A. swirskii</i>	43
Anexo G Resultados de SAS 9.4® para los muestreos de la variable Tasa de oviposición de <i>N. longispinosus</i> y <i>A. swirskii</i>	44

Resumen

Entre las principales plagas que afectan los cultivos se encuentra *Tetranychus urticae*. Para controlar las poblaciones de esta plaga, generalmente los productores aplican agroquímicos, pero estos tienen una baja eficacia contra los huevos de *T. urticae*; además, su elevado uso ha generado la selección de poblaciones resistentes, problemas ambientales y de salud. Por esta razón, el objetivo de este estudio fue evaluar la eficacia en alimentación y la oviposición de dos ácaros depredadores con alta distribución y comercialización alrededor del mundo, *Neoseiulus longispinosus* y *Amblyseius swirskii* en diferentes estados del ácaro fitófago *T. urticae*. Se evaluó una hembra adulta de cada depredador de manera individual sobre 30 huevos, larvas o adultos de *T. urticae* por separado. Los ácaros fueron colocados en medios de evaluación a temperatura promedio de 25.2°C y fotoperiodo de tres horas luz. Se determinó su depredación y oviposición en los tres estados a las 24, 48 y 72 horas. Los resultados obtenidos de los diferentes muestreos, fueron analizados estadísticamente en el programa SAS 9.4®. En los resultados de la tasa de depredación, *N. longispinosus* presentó el mayor consumo en huevos y larvas de *T. urticae*. Seguido por *A. swirskii*, al alimentarse de larvas. Los consumos más bajos fueron presentados por ambos depredadores en adultos de *T. urticae*. En cuanto a la tasa de oviposición, *N. longispinosus* no presentó diferencia en la oviposición al alimentarse de los tres estados. El promedio más bajo de oviposición se obtuvo cuando *A. swirskii* se alimentó de huevos de *T. urticae*.

Palabras clave: Ácaros depredadores, araña roja, consumo, oviposición, control biológico.

Abstract

Among the main pests affecting cultivars is *Tetranychus urticae*. To control the populations of this pest, growers generally apply agrochemicals, but these have a low efficacy against *T. urticae* eggs; in addition, their high use has generated the selection of resistant populations, environmental and health problems. For this reason, the objective of this study was to evaluate the feeding and oviposition efficacy of two predatory mites with high distribution and commercialization around the world, *Neoseiulus longispinosus* and *Amblyseius swirskii* on different stages of the phytophagous mite *T. urticae*. One adult female of each predator was evaluated individually on 30 separate eggs, larvae or adults of *T. urticae*. The mites were placed in evaluation media at an average temperature of 25.2°C and a photoperiod of three hours of light. Predation and oviposition were determined in the three stages at 24, 48 and 72 hours. The results obtained from the different samplings were statistically analyzed in the SAS 9.4® program. In the results of the predation rate, *N. longispinosus* presented the highest consumption of eggs and larvae of *T. urticae*. This was followed by *A. swirskii*, when feeding on larvae. The lowest consumptions were presented by both predators on adults of *T. urticae*. In terms of oviposition rate, *N. longispinosus* showed no difference in oviposition when feeding on the three stages. The lowest average oviposition was obtained when *A. swirskii* fed on *T. urticae* eggs.

Keywords: Predatory mites, twospotted spider mite, consumption, oviposition, biological control.

Introducción

La producción vegetal es una actividad agrícola de gran importancia económica, donde obtener buenos rendimientos es primordial para los agricultores, siendo un factor de gran relevancia la sanidad vegetal (control de plagas y enfermedades) en los cultivos (FAO 2018). Las plagas son organismos que se alimentan y reproducen en los cultivos, y a medida que su nivel poblacional aumenta, la calidad y el rendimiento de la producción disminuye (Jiménez 2009). La presencia de plagas representa un problema tanto para el agricultor que enfrenta el daño, como para las parcelas y sistemas de producción adyacentes (FAO 2019).

Entre las plagas de mayor relevancia mundial en cultivos bajo invernaderos y en producciones a campo abierto, se encuentra *Tetranychus urticae*, un ácaro fitófago perteneciente a la familia Tetranychidae (tetraníquidos) y comúnmente conocido como la araña roja (Gerson y Weintraub 2012). El ciclo de vida de este ácaro consta de cinco estados: huevo, larva, protoninfa, deutoninfa, y adulto y el tiempo que transcurre desde el estadio de huevo hasta adulto puede variar dependiendo la temperatura (Koppert Biological Systems c2021). En condiciones óptimas de temperatura (aproximadamente 25°C), este ácaro puede completar su desarrollo entre cinco a 20 días (Tlenchana Tisalena 2008). El color del adulto depende de la planta huésped, puede ser de color marrón o rojo anaranjado, pero el más común es un color verde, amarillo verdoso o casi translúcido (López Manzanares 2016).

La hembra adulta se reproduce sexualmente y puede ovipositar más de 100 huevos durante su vida, formando sus colonias en densas redes de seda que estas segregan y completando una generación de ácaros en un lapso de dos a tres semanas (Tlenchana Tisalena 2008; Gerson y Weintraub 2012). El cuerpo de la hembra tiene forma ovalada, tamaño de aproximadamente 0.50 mm de largo × 0.30 mm de ancho y resaltan dos manchas laterales oscuras sobre el dorso del tórax (Fasulo y Denmark 2003). En cambio, el cuerpo del macho adulto es de menor tamaño, más estrecho, con el

abdomen puntiagudo y las patas proporcionalmente más largas, sin embargo, los machos tienden a ser más activos que las hembras en las plantas huésped (Knapp *et al.* 2020).

Las colonias de *T. urticae* suelen ubicarse en el envés de las hojas de las plantas huéspedes; donde las larvas, las ninfas y los adultos perforan las células de los tejidos verdes para alimentarse su contenido (Koppert Biological Systems c2021). La destrucción de las células por los ácaros causa daños a los tejidos y una decoloración amarillenta en las hojas, lo que disminuye la fotosíntesis, aumenta la transpiración y reduce el crecimiento de la planta (Deangelis *et al.* 1983). A medida que se intensifica el daño, puede causar necrosis foliar y eventualmente la muerte de la planta (Attia *et al.* 2013); esto resulta en una disminución de la biomasa y el rendimiento final en los cultivos afectados, aunque la proporción de daño causado por esta especie depende de su densidad poblacional en el área cultivada (Park y Lee 2005; Pulga *et al.* 2020).

Aunque, la aplicación de agroquímicos es el método más utilizado para manejar las poblaciones de plagas en los cultivos, es considerado deficiente en el control de *T. urticae*; por el alto potencial reproductivo y el corto ciclo de vida de esta plaga (Reséndiz-García y Castillo-Olivas 2018; Díaz-Arias *et al.* 2019). La mayoría de los acaricidas comerciales no eliminan los huevos; los cuales eclosionan entre tres a cuatro días, causando un incremento en la densidad poblacional de la plaga en corto tiempo (Aguilar-Medel *et al.* 2011); esto influye en elevadas y repetidas aplicaciones de acaricidas por los productores, que ha generado la selección de poblaciones resistentes, daños ambientales y problemas de salud pública (Pilkington *et al.* 2001; Martínez 2010). De manera que, existe la tendencia de implementar alternativas más eficientes y sustentables para el manejo de dicha plaga, como el uso de enemigos naturales (depredadores) (Bale *et al.* 2008).

Entre estos enemigos naturales, se encuentran los ácaros depredadores de la familia Phytoseiidae (fitoseidos), considerados como los depredadores más eficaces de tetraníquidos (Bounfour y McMurtry 1987; Rodríguez *et al.* 2013). De dicha familia, los ácaros reportados como

eficientes enemigos naturales de *T. urticae* son: *Phytoseiulus persimilis*, *Neoseiulus californicus* y *Neoseiulus fallacis*; capaces de alimentarse de todos los estados de esta plaga (Opit *et al.* 2004; Messelink *et al.* 2020). Otros ácaros fitoseidos con una mayor distribución y comercialización en el continente americano son: *Neoseiulus longispinosus* y *Amblyseius swirskii* (McMurtry y Croft 1997; Gerson 2014).

Neoseiulus longispinosus es un ácaro depredador especialista clasificado como tipo II, que se alimenta principalmente de ácaros tetraníquidos, y su ciclo de vida consta de cinco estados: huevo, larva, protoninfa, deutoninfa y adulto (McMurtry *et al.* 2013; Tung *et al.* 2017). El huevo es de forma ovalada y de tonalidad lúcida, mientras que los estados juveniles son de una tonalidad más pálida y, finalmente, el adulto es de un tono rojizo o amarillo oscuro (Mondal *et al.* 2020; Bhowmik y Yadav 2021). Generalmente, este ácaro depredador se puede encontrar en el trópico y subtrópico, siendo capaz de adaptarse con facilidad a la temperatura característica de los invernaderos (Jayasinghe y Mallik 2015). Actualmente, en Tailandia se ha reportado como hospedero en 33 especies diferentes de plantas, las cuales se ven afectadas por ácaros del género *Tetranychus* (Kongchuensin *et al.* 2005).

Neoseiulus longispinosus alimentándose de *T. urticae* a una temperatura de 25°C; pasa de su estadio de huevo hasta adulto en 5.67 días, donde en promedio una hembra adulta puede vivir 14.92 días y ovipositar 1.48 huevos cada día (Mondal *et al.* 2020). Este fitoseido ha sido reportado como controlador de varios ácaros fitófagos, como *T. urticae*, *T. ludeni*, *Eutetranychus africanus*, *Raoiella indica*, *Aponychus corpuzae*, y *Schizotetranychus nanjingensis* (Zhang Y *et al.* 1998; Zhang Y *et al.* 1999; Kongchuensin *et al.* 2001; Peña *et al.* 2006). Por lo cual, este depredador es considerado como uno de los enemigos naturales más eficientes de tetraníquidos en condiciones de laboratorio y campo, debido a su corto ciclo de vida, alta fecundidad y elevada capacidad de búsqueda de sus presas (Rao *et al.* 2017; Lenin y Bhaskar 2018).

Amblyseius swirskii es un ácaro depredador generalista clasificado como tipo III, que puede alimentarse de otros ácaros, polen e insectos, y su ciclo de vida consta de cinco estados: huevo, larva, protoninfa, deutoninfa y adulto (Momen y El-Saway 1993; McMurtry *et al.* 2013). El huevo es de color blanco lechoso con forma ovalada, la larva es de color blanco casi transparente con tres pares de patas y un par de quetas anales, mientras que las ninfas tienen cuatro pares de patas y una tonalidad más oscura (Swirski *et al.* 1973). Finalmente, el adulto es similar a los últimos estados juveniles, pero de mayor tamaño y de un tono marrón claro, amarillo o rojizo (Swirski *et al.* 1973). Generalmente, este depredador puede encontrarse en el mediterráneo oriental, siendo capaz de adaptarse a altas temperaturas y mantener su amplia versatilidad alimenticia (van Lenteren y Nicot 2020).

Amblyseius swirskii alimentándose de *T. urticae* a una temperatura de 26°C; pasa de su estadio de huevo hasta adulto en un promedio de 5.5 días, donde en promedio una hembra adulta puede colocar 27.8 huevos durante su periodo de oviposición; que puede ser de 22.3 días (El-Laithy y Fouly 1992). Este ácaro es conocido por ser un eficaz depredador de huevos y larvas de mosca blanca (*Trialeurodes vaporariorum* y *Bemisia tabaci*) y de trips *Frankliniella occidentalis* en cultivos hortícolas de importancia comercial (Calvo y Belda 2006). Su eficacia en el control de tetraníquidos no es del todo concreta, varios autores han diferido en sus resultados y han reportado este ácaro depredador con eficacia alta, intermedia o nula sobre ciertas especies de ácaros fitófagos (Momen y El-Saway 1993; Messelink *et al.* 2010).

Para determinar la eficacia de un enemigo natural en específico, se debe conocer su desarrollo reproductivo, sus hábitos de consumo y su prevalencia conjunto al organismo de interés a controlar, en condiciones similares o controladas (Rodríguez *et al.* 2013). Donde es de vital importancia determinar el ciclo de vida, longevidad y la tasa de depredación y oviposición del depredador mientras se alimenta de la especie (presa) ofrecida (Park *et al.* 2010). Por medio de la tasa de depredación y oviposición del enemigo natural, se pueden conocer promedios de presas depredadas, preferencias

de consumo entre estados, huevos colocados diarios y el porcentaje de eclosión de los mismos (Opit *et al.* 1997).

Debido a la baja eficiencia de los acaricidas en el control de *T. urticae* y a los problemas ambientales y de salud pública causados por el elevado y repetido uso de estos agroquímicos en los cultivos agrícolas, nos lleva al planteamiento de este experimento. Aprovechando las características de reproducción y hábitos de alimentación de *N. longispinosus* y *A. swirskii*, se plantea evaluar su eficacia en el control de huevos, larvas y adultos de *T. urticae*.

El objetivo general de este estudio fue: evaluar la tasa de depredación y oviposición de *Neoseiulus longispinosus* y *Amblyseius swirskii* en huevos, larvas y adultos de *Tetranychus urticae*, y como objetivos específicos: determinar el promedio de consumo por *Neoseiulus longispinosus* y *Amblyseius swirskii* de huevos, larvas y adultos de *Tetranychus urticae*, determinar el promedio de oviposición por *Neoseiulus longispinosus* y *Amblyseius swirskii* alimentándose de huevos, larvas o adultos de *Tetranychus urticae* y determinar el ácaro depredador más eficiente en cuanto a su tasa de depredación y oviposición para el control de *Tetranychus urticae*.

Materiales y Métodos

Ubicación del Experimento

El experimento se llevó a cabo en la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano entre los meses de mayo a junio de 2021, en el Laboratorio de Control Biológico. El recinto se encuentra a 30 km de Tegucigalpa, carretera Danlí, Valle del Yeguaré, San Antonio de Oriente, Departamento de Francisco Morazán, Honduras. La escuela está ubicada a 14° latitud norte y 87° longitud oeste, con una precipitación de aproximadamente 1000 mm por año, una temperatura promedio de 25 °C y una altura de 800 msnm.

Preparación del Medio de Evaluación

Para evaluar la tasa de depredación y oviposición de *N. longispinosus* y *A. swirskii* se utilizó el medio de evaluación descrito por Opit *et al.* (1997). El medio de evaluación consistió en copas plásticas de una onza líquida, llenas de algodón saturado con agua destilada, que fueron determinadas como arenas de evaluación (Figura 1). En cada arena, sobre el algodón se colocó un disco de follaje de hojas de *Canavalia ensiformis* (L.) DC. (Fabaceae), con el envés hacia arriba. Cada arena de evaluación se consideró como una unidad experimental en el estudio. Los ácaros depredadores y las presas ofrecidas se colocaban con un pincel fino sobre el disco foliar y el algodón que rodeaba el folíolo se humedecía con agua destilada cada 12 horas, para evitar que los ácaros abandonaran la arena.

Figura 1

Representación de una arena de evaluación



Tratamientos

Se evaluaron *N. longispinosus* y *A. swirskii* de manera individual sobre los tres estados (huevo, larva y adulto) de *T. urticae* por separado, sumando seis tratamientos (Cuadro 1). Cada tratamiento tuvo cuatro repeticiones y cada repetición estuvo compuesta por cinco unidades experimentales. Tomando en cuenta que una arena de evaluación es considerada una unidad experimental, en cada tratamiento se utilizaron 20 arenas de evaluación.

Cuadro 1

Descripción de los tratamientos evaluados en el experimento

Ácaro depredador	Individuos de <i>T. urticae</i>
<i>Neoseiulus longispinosus</i>	30 huevos
<i>Amblyseius swirskii</i>	30 huevos
<i>Neoseiulus longispinosus</i>	30 larvas
<i>Amblyseius swirskii</i>	30 larvas
<i>Neoseiulus longispinosus</i>	30 adultos
<i>Amblyseius swirskii</i>	30 adultos

Nota. Se contó con un total de 20 unidades experimentales en cada tratamiento.

Descripción del Experimento

Ambos ácaros depredadores fueron evaluados por separado sobre los estados de huevo, larva y adulto de *T. urticae* (Cuadro 1). Se usaron 30 individuos para cada estadio (30 huevos, larvas o adultos), que fueron ofrecidos como presas a una hembra adulta, tanto de *N. longispinosus* como de *A. swirskii* individualmente, en una arena de evaluación. Para obtener esta densidad de individuos en los estados correspondientes se prepararon las arenas de evaluación para cada tratamiento; donde se colocaron cinco hembras adultas de *T. urticae* en cada arena y se dejaron poner huevos durante 24 horas, luego eran retiradas con un pincel fino del foliolo.

En los dos tratamientos que se evaluó el estadio de huevo de *T. urticae*, se ajustó el número a 30 huevos en cada foliolo de las arenas de evaluación, retirando los que estaban en exceso con un pincel fino, donde inmediatamente se colocó una hembra adulta de la especie del depredador

correspondiente en las arenas de cada tratamiento. En los tratamientos que se evaluó el estadio huevo y larva de *T. urticae*, se dejaron las arenas únicamente con los huevos de *T. urticae*. Tan pronto los individuos alcanzaron el estadio correspondiente según el tratamiento (larva o adulto) se ajustó el número a 30 presas, tanto en las arenas de los tratamientos con larvas como en las de los tratamientos con adultos de la plaga. Consiguiente a esto, se colocó una hembra adulta de la especie del ácaro depredador correspondiente según el tratamiento en las arenas de evaluación con la densidad de larvas o adultos ya ajustada.

Durante las evaluaciones, la temperatura promedio fue de 25.2°C y el fotoperiodo fue de tres horas luz. Los ácaros depredadores y la plaga se obtuvieron de las colonias de cría del Laboratorio de Control Biológico (Figura 2). Para la identificación de la especie y estadio de los ácaros se tomó en cuenta los estudios de Mondal *et al.* (2020), Dođramaci *et al.* (2013), Swirski *et al.* (1973) y Renséndiz-García y Castillo-Olivas (2018) (Anexo B, C y D).

Figura 2

Fotografías de una hembra adulta perteneciente a las tres especies de ácaros evaluados en el experimento. A) *N. longispinosus*, B) *A. swirskii* y C) *T. urticae*.



Variables Medidas

Tasa de Depredación de N. longispinosus y A. swirskii

Para *N. longispinosus* y *A. swirskii*, se evaluó el consumo de las presas ofrecidas a las hembras adultas de cada especie en arenas de evaluación. Los muestreos se realizaron a las 24, 48, y 72 horas después de haber montado las arenas de cada tratamiento, con la utilización de un estereomicroscopio (Marca Leica® Modelo EZ4) a magnificaciones desde 10× hasta 20×. Se determinó el número de presas ingeridas por el depredador, contando los cadáveres de larvas o adultos encontrados en el foliolo, que después eran retirados de la arena. Cuando las presas ofrecidas eran huevos de la plaga, se determinó la cantidad de huevos ingeridos por el depredador; restando la densidad inicial (30 huevos) al número de huevos intactos en el foliolo al momento del muestreo (Fernando y Hassell 1980).

Tasa de Oviposición de N. longispinosus y A. swirskii

Para *N. longispinosus* y *A. swirskii*, también se observó la oviposición por las hembras adultas de cada especie en las arenas de evaluación. Al igual que la variable anterior, los muestreos fueron realizados a las 24, 48, y 72 horas después de haber montado las arenas de cada tratamiento, con la ayuda del estereomicroscopio. Únicamente se utilizaron hembras adultas para el estudio. Se realizó un conteo de la cantidad de huevos puestos por hembras adultas en el foliolo al momento de cada muestreo. Después de haber tomado el dato del número de huevos colocados, los mismos eran eliminados de las arenas de evaluación; para así evitar confundirlos en los demás muestreos.

Diseño Experimental

Se utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA) con un arreglo factorial 2×3 que constó de seis tratamientos, cuatro repeticiones y cinco unidades experimentales, lo que significó 120 unidades experimentales (arenas de evaluación) en el experimento.

Análisis Estadístico

Los datos obtenidos en ambas variables (tasa de depredación y oviposición) fueron evaluados mediante un análisis de varianza (ANDEVA) y una separación de medias ajustadas (DUNCAN), con un nivel de significancia del 95%. Todos los análisis de datos se realizaron en el programa estadístico “Statistical Analysis System” (SAS 9.4®).

Resultados y Discusión

Tasa de Depredación

Al evaluar el consumo de ambas especies a las 24 horas después de colocadas las presas, para los estados huevo, larva y adulto de *T. urticae*, se observó que *N. longispinosus* presentó el mayor consumo de huevos y larvas significativamente que *A. swirskii* para los tres estados. Una hembra adulta de *N. longispinosus* tuvo un consumo promedio de 20.45, 21.15 y 5.95 en huevos, larvas y adultos de *T. urticae*, respectivamente (Cuadro 2). Valores similares fueron reportados por Rao *et al.* (2017), quienes presentaron un consumo de 20.04 larvas y 5.12 adultos en 24 horas por una hembra adulta de este depredador.

Cuadro 2

Promedios de individuos consumidos por N. longispinosus y A. swirskii en los estados huevo, larva y adulto de T. urticae a las 24, 48 y 72 horas

Tratamientos		Hora de muestreo		
Ácaro depredador	Estadio de <i>T. urticae</i>	24 horas	48 horas	72 horas
		Media ± D.E	Media ± D.E	Media ± D.E
<i>Neoseiulus longispinosus</i>	Huevo	20.45 ± 2.85 ^a	29.22 ± 1.59 ^a	29.83 ± 0.71 ^a
<i>Amblyseius swirskii</i>	Huevo	7.06 ± 3.40 ^c	13.94 ± 3.72 ^c	22.29 ± 3.12 ^c
<i>Neoseiulus longispinosus</i>	Larva	21.15 ± 3.62 ^a	29.05 ± 1.90 ^a	29.45 ± 1.57 ^a
<i>Amblyseius swirskii</i>	Larva	9.33 ± 2.25 ^b	18.39 ± 2.87 ^b	26.72 ± 2.67 ^b
<i>Neoseiulus longispinosus</i>	Adulto	5.95 ± 1.54 ^c	11.47 ± 1.81 ^d	17.89 ± 2.33 ^{cd}
<i>Amblyseius swirskii</i>	Adulto	3.95 ± 1.65 ^d	7.16 ± 2.24 ^e	10.68 ± 1.63 ^e
Probabilidad		<.0001	<.0001	<.0001
C.V		23.41	13.32	9.37

Nota. Letras distintas en una misma columna, indican diferencia significativa.

D.E= Desviación estándar

C.V= Coeficiente de variación

Para ambas especies de depredadores, el consumo de adultos fue el más bajo, indicando claramente que existe una preferencia hacia los estados huevo y larva de *T. urticae* por ambos depredadores. Estos resultados coinciden con lo planteado por Blackwood *et al.* (2001) y Soleymani *et al.* (2016), quienes demostraron que *N. longispinosus* y *A. swirskii* prefieren consumir huevos o larvas por encima de los demás estados de *T. urticae*. La preferencia de un depredador por estados

específicos de las presas se correlaciona con la idoneidad de la presa. De manera que, la alta movilidad y los mecanismos defensivos en los adultos de *T. urticae*, generalmente, reducen la tasa de encuentro, aumentan el tiempo de manejo y reducen el éxito de ataque del depredador; dando como resultado un menor consumo de estos individuos (Zarghami *et al.* 2014).

Esto es más evidente en *N. longispinosus* cuando nos fijamos en los porcentajes de individuos consumidos en los estados ofrecidos de *T. urticae* a las 24 horas (Anexo E), donde las hembras adultas de *N. longispinosus* se alimentaron del 68.73% y 71.48% del total de huevos y larvas, respectivamente, pero solamente se alimentaron del 19.85% de los adultos de *T. urticae*. La preferencia por estos estados inmaduros también puede deberse a que los adultos resultan ser presas más difíciles, ya que tienen el tegumento más esclerosado y un mayor tamaño, en comparación con los huevos y larvas de la plaga (Pérez Madruga *et al.* 2012). En cuanto a las hembras adultas de *A. swirskii*, también presentaron su mayor consumo en larvas, con un promedio de 9.33; el cual representa el 31.20% del total ofrecido, pero fue menor estadísticamente al consumo de huevos por este mismo depredador, que fue de 7.06 individuos, donde solo se alimentó del 23.69% del total ofrecido (Cuadro 2).

Messelink *et al.* (2010) encontraron un consumo en huevos de *T. urticae* similar al presentado en este estudio. Por otra parte, Xiao *et al.* (2013) reportaron un consumo de 15.1 huevos/día por una hembra adulta de *A. swirskii*, pero le ofrecieron una mayor cantidad (70-79) de huevos por arena y eliminaban la tela producida por las hembras adultas de *T. urticae* sobre sus colonias de huevos.

Aunque *A. swirskii* ha mostrado una preferencia de consumo hacia los huevos en diferentes especies de plagas en las que ha sido evaluado, este no es el caso cuando se alimenta de *T. urticae* (Calvo y Belda 2006). Debido a que las hembras adultas de *T. urticae* colocan sus masas de huevos envueltas en la tela de seda que segregan. Lo que según Messelink *et al.* (2010) y Mortazavi *et al.* (2019), influye negativamente en la depredación por *A. swirskii* de los individuos que se encuentren envueltos o debajo de esta tela. Tomando en cuenta esto, se puede comprender porque *A. swirskii*

consumió un mayor número de larvas que huevos de *T. urticae*, aunque, su consumo de huevos aumentó paulatinamente en los demás muestreos (Cuadro 2).

Esta tendencia de consumo en ambos depredadores a las 24 horas continuó en los muestreos a las 48 y 72 horas, con la única variación a las 48 horas, donde *A. swirskii* consumió más huevos significativamente que los adultos que consumió *N. longispinosus* de la plaga (Cuadro 2). Esto puede deberse a que el consumo de ambas especies en el tiempo puede verse afectado por diversos factores. Según McMurtry *et al.* (2013), las especies de ácaros depredadores tienen diferentes requerimientos nutricionales, hábitos y preferencias de consumo. Por lo que, es aparente que el requerimiento nutricional de *A. swirskii* es diferente al de *N. longispinosus*, así como es diferente el valor nutricional que proporciona cada estadio de la plaga.

A las 48 horas, se pudo observar un aumento gradual en el consumo de *A. swirskii* en los tres estados de *T. urticae*, sin embargo, en *N. longispinosus* este comportamiento solo se presentó en el promedio de consumo de adultos de la plaga. Debido a que las hembras adultas de *N. longispinosus* a las 48 horas consumieron cerca del total de la cantidad inicial de huevos y larvas en las arenas de evaluación; donde se alimentaron del 99.43% en huevos y 99.14% en larvas de la plaga (Anexo E). Indicando esto, que probablemente si hubiera habido más individuos de *T. urticae*, las hembras hubiesen mantenido un aumento sucesivo en su consumo. De acuerdo a Ibrahim y Rahman (1994), el consumo de los ácaros depredadores puede variar de acuerdo a la especie, disponibilidad y cantidad de presas ofrecidas.

A las 72 horas, de acuerdo al número inicial de presas en los tres estados de *T. urticae* que se les ofreció a ambas especies de depredadores por igual. Se pudo observar que *N. longispinosus* consumió más huevos y larvas que *A. swirskii*, donde *N. longispinosus* no presentó diferencias estadísticas por ninguno de estos dos estados, ya que consumió cantidades iguales de huevos y larvas (29.83 y 29.45 respectivamente), consumiendo la mayoría de los individuos de estos estados a las 48 horas.

Por otro lado, a las 72 horas, tomando en cuenta el consumo que presentó *A. swirskii*, se observó una mayor preferencia hacia las larvas que a los huevos de *T. urticae*, ya que su consumo de larvas fue mayor significativamente. Se observó un consumo promedio de 22.29 huevos y 26.72 larvas de *T. urticae* por una hembra adulta de *A. swirskii*. A las 72 horas, se observó el mismo comportamiento del muestreo las 24 horas, donde el consumo de huevos por *A. swirskii* fue igual estadísticamente que el consumo de adultos por *N. longispinosus*. A las 72 horas, *A. swirskii* presentó un consumo promedio de 10.68 adultos de la plaga, el cual fue significativamente menor que el resto de los consumos para ambas especies. El consumo tan bajo de este estadio por *A. swirskii*, puede estar relacionado a la alta producción de tela por los adultos en el foliolo y su mecanismo de defensa empleando esta tela contra el depredador (Mortazavi *et al.* 2019). En el caso específico de *N. longispinosus*, las hembras adultas también presentaron un menor consumo de adultos en relación a los demás estados de la plaga; donde los adultos fueron los únicos que no fueron consumidos en su totalidad.

A las 72 horas, los promedios de consumo más bajos según el estadio de *T. urticae* fueron presentados por *A. swirskii*, tanto en huevos, larvas y adultos de la plaga. *Amblyseius swirskii* es un depredador generalista, el cual consume ácaros e insectos de distintas familias y especies e incluso, puede llegar a alimentarse del polen de las plantas (McMurtry *et al.* 2013), por lo que tiende a tomarse más tiempo en empezar a consumir las presas disponibles en su entorno (arena de evaluación), y que suele explorar su ambiente en busca de las diversas fuentes de alimento disponibles (Gerson 2014). Además, *A. swirskii* ha demostrado tener una afinidad en consumo hacia huevos y larvas de mosca blanca (*T. vaporariorum* y *B. tabaci*) y de trips *F. occidentalis* (Calvo y Belda 2006). Por el contrario, *N. longispinosus* es un depredador especialista, el cual consume específicamente ácaros pertenecientes a la familia Tetranychidae como lo es *T. urticae* (Gerson y Weintraub 2012).

Tasa de Oviposición

Al evaluar la tasa de oviposición en base a la alimentación ofrecida a ambas especies de depredadores, se observó una tendencia a mayor oviposición cuando las hembras de *N. longispinosus* fueron alimentadas con huevos y larvas de *T. urticae* a las 24 horas (Cuadro 3). En cambio, cuando *N. longispinosus* se alimentó de adultos y *A. swirskii* de los tres estados de la plaga no se encontraron diferencias en la oviposición independientemente del estadio del cual se alimentaron (Cuadro 3). Esto puede deberse a que la oviposición del depredador está relacionada a su consumo, y el mayor consumo de individuos por *N. longispinosus* fue evidenciado justamente en los estados de huevo y larva de *T. urticae* (Park *et al.* 2011) (Cuadro 2).

Cuadro 3

Promedios de huevos ovipositados por N. longispinosus y A. swirskii alimentándose de los estados huevo, larva y adulto de T. urticae a las 24, 48 y 72 horas

Tratamientos		Hora de muestreo		
Ácaro depredador	Estadio de <i>T. urticae</i>	24 horas	48 horas	72 horas
		Media ± D.E	Media ± D.E	Media ± D.E
<i>Neoseiulus longispinosus</i>	Huevo	2.00 ± 1.14 ^a	4.02 ± 1.68 ^a	4.61 ± 1.54 ^a
<i>Amblyseius swirskii</i>	Huevo	0.88 ± 0.75 ^b	1.41 ± 0.79 ^c	2.29 ± 0.99 ^c
<i>Neoseiulus longispinosus</i>	Larva	2.05 ± 1.09 ^a	3.45 ± 1.23 ^{ab}	3.85 ± 1.31 ^{ab}
<i>Amblyseius swirskii</i>	Larva	1.28 ± 0.75 ^b	2.28 ± 0.67 ^b	3.28 ± 0.89 ^b
<i>Neoseiulus longispinosus</i>	Adulto	1.32 ± 0.89 ^b	2.79 ± 0.92 ^b	4.05 ± 1.55 ^{ab}
<i>Amblyseius swirskii</i>	Adulto	1.16 ± 0.96 ^b	2.11 ± 1.15 ^{bc}	3.37 ± 1.54 ^b
Probabilidad		<.0001	<.0001	<.0001
C.V		65.16	41.88	37.16

Nota. Letras distintas en una misma columna, indican diferencia significativa.

D.E= Desviación estándar

C.V= Coeficiente de variación

El promedio de huevos colocados a las 24 horas por una hembra adulta de *N. longispinosus* fue de 2.00, 2.05 y 1.32 mientras se alimentaba de huevos, larvas y adultos de *T. urticae*, respectivamente. Estos valores de oviposición por *N. longispinosus* son similares a los encontrados por Ibrahim y Palacio (1994), quienes reportaron que una hembra adulta puede colocar 1.81 huevos/día al alimentarse de huevos y larvas de *T. urticae*. Por otra parte, una hembra adulta de *A.*

swirskii colocó 0.88, 1.28 y 1.16 huevos al alimentarse de huevos, larvas y adultos de *T. urticae*, respectivamente. Estos resultados son muy similares al reportado por El-Laithy y Fouly (1992), el cual fue de 1.24 huevos/día, mientras este depredador se alimentaba de ninfas de *T. urticae*.

La oviposición a las 48 horas, muestra mayor oviposición de parte de *N. longispinosus* al consumir huevos y larvas, pero no existió mayor oviposición estadísticamente al alimentarse de larvas y de adultos. Para *A. swirskii*, la mayor oviposición ocurrió cuando se alimentó de larvas, pero no fue diferente estadísticamente de cuando se alimentó de adultos, sin embargo, el promedio de huevos colocados por *A. swirskii* cuando se alimentó de huevos fue menor estadísticamente en todo el muestreo (Cuadro 3). Esto probablemente se deba a la menor calidad nutricional de los huevos en comparación con los demás estados evaluados, lo que indica que necesita alimentarse de más huevos de *T. urticae* para incrementar la oviposición. Esta aseveración se hace tomando en cuenta lo mencionado por Duek *et al.* (2001), que la oviposición de un depredador puede verse afectada por la temperatura, el consumo y la calidad nutricional de las presas.

A las 48 horas, se puede observar un crecimiento gradual en el promedio de huevos colocados por ambos depredadores sobre todos los estados de *T. urticae*. Esto se puede atribuir a que, si las condiciones son favorables, los ácaros depredadores mantienen su oviposición diaria (24 horas) a través de su ciclo de vida (Seiedy *et al.* 2017). El-Laithy y Fouly (1992) y Mondal *et al.* (2020) describen este mismo comportamiento en ambos depredadores, cuando evaluaban la tasa de oviposición en todo su ciclo de vida mientras se alimentaban de ácaros tetraníquidos. Este comportamiento no se presentó a las 72 horas, ya que el promedio de huevos de *N. longispinosus* cuando se alimentó de huevos y larvas de la plaga es similar al encontrado en las 48 horas. Lo mencionado fue influenciado por la baja o nula cantidad de presas disponibles para el fitoseido después de las 48 horas en las arenas, debido al elevado consumo que presentó este depredador en huevos y larvas de *T. urticae* (Cuadro 2). Según Park *et al.* (2010), la producción de huevos por un depredador requiere de mucho

alimento, no solo por la cantidad de huevos producidos, sino también por la cantidad de energía invertida por cada huevo colocado.

A las 72 horas, *N. longispinosus* continuó presentando los mayores promedios de oviposición en los tres estados de la plaga evaluados. La oviposición promedio de *N. longispinosus* fue 4.61, 3.85 y 4.05 huevos al consumir huevos, larvas y adultos de *T. urticae*, respectivamente. De igual forma, *A. swirskii* presentó promedios más altos alimentándose de los estados larva y adulto de *T. urticae* (3.28 y 3.37 huevos, respectivamente), los cuales no fueron significativamente mayores que los encontrados para *N. longispinosus* en dichos estados. En el caso de *A. swirskii*, alimentándose del estadio de huevo, se obtuvo la tasa más baja de oviposición (Cuadro 3).

De acuerdo con los resultados obtenidos, *N. longispinosus* y *A. swirskii* pueden ovipositar con éxito mientras se alimentan de huevos, larvas y adultos de *T. urticae*. Los parámetros reproductivos en oviposición de *N. longispinosus* y *A. swirskii* sobre *T. urticae* obtenidos en este estudio, son en la mayoría de los casos, similares a los informados para otros fitoseidos que se reconocen como buenos controladores de ácaros tetraníquidos.

Conclusiones

La tasa de depredación a las 72 horas fue mayor por *N. longispinosus*, el cual presentó el mayor consumo de huevos y larvas que *A. swirskii* al alimentarse de todos los estadios de *T. urticae*. En cuanto a la tasa de oviposición a las 72 horas, *N. longispinosus* presentó el promedio más alto alimentándose de huevos, pero no fue mayor estadísticamente al alimentarse de larvas y adultos. El promedio más bajo de oviposición se obtuvo cuando *A. swirskii* se alimentó de huevos de *T. urticae*.

Se determinó que una hembra adulta de *N. longispinosus* consumió del total ofrecido; 29.83 huevos, 29.45 larvas y 17.89 adultos de *T. urticae* a las 72 horas. Por otra parte, una hembra adulta *A. swirskii* depredó 22.29 huevos, 26.72 larvas y 10.68 adultos de *T. urticae*.

Se encontró que una hembra adulta de *N. longispinosus* puede ovipositar en 72 horas; 4.61, 3.85 y 4.05 huevos alimentándose de huevos, larvas y adultos de *T. urticae*, respectivamente. En cambio, una hembra adulta de *A. swirskii* colocó a las 72 horas; 2.29, 3.28 y 3.37 huevos al alimentarse de huevos, larvas y adultos de *T. urticae*, respectivamente.

Tomando en cuenta la tasa de depredación y oviposición, el ácaro depredador más eficiente como potencial controlador de *T. urticae* es *N. longispinosus*, debido a que, a las 72 horas, se alimentó de la mayor cantidad de presas ofrecidas y es capaz de ovipositar la mayor cantidad de huevos.

Recomendaciones

Realizar estudios con mayores densidades de individuos de *T. urticae* y en condiciones de laboratorio controladas para determinar si el consumo puede aumentar después de 72 horas de exposición.

Realizar evaluaciones de los depredadores contra los estados ninfales (protoninfa y deutoninfa) de *T. urticae*.

Realizar evaluaciones de *N. longispinosus* y *A. swirskii* en conjunto sobre los cinco estados del ciclo de vida de *T. urticae* para determinar el efecto de la competencia entre ambos depredadores.

Referencias

- Aguilar-Medel S, Díaz-Gómez O, Rodríguez-Maciél JC, González-Camacho JE, García-Velasco R, Martínez-Carrillo JL, Reséndiz-García B. 2011. Resistencia de *Tetranychus urticae* Koch a acaricidas usados en la producción de rosal de invernadero en México. *Southwestern Entomologist*. 36(3):363–371. doi:10.3958/059.036.0313.
- Attia S, Grissa KL, Lognay G, Bitume E, Hance T, Mailleux AC. 2013. A review of the major biological approaches to control the worldwide pest *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) with special reference to natural pesticides. *J Pest Sci*. 86(3):361–386. doi:10.1007/s10340-013-0503-0.
- Bale JS, van Lenteren JC, Bigler F. 2008. Biological control and sustainable food production. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*. 363(1492):761–776. eng. doi:10.1098/rstb.2007.2182.
- Bhowmik S, Yadav SK. 2021. *Neoseiulus longispinosus* (Evans) – blessing of phytoseiids. *Int J Trop Insect Sci*. 41(2):927–932. doi:10.1007/s42690-020-00385-4.
- Blackwood JS, Schausberger P, Croft BA. 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. doi:10.1603/0046-225X-30.6.1103.
- Bounfour M, McMurtry JA. 1987. Biology and ecology of *Euseius scutalis* (Athias-Henriot) (Acarina: Phytoseiidae). *Hilg*. 55(5):1–23. doi:10.3733/hilg.v55n05p023.
- Calvo F, Belda J. 2006. Eficacia de *Amblyseius swirskii* Athias-Henriot (Acari: Phytoseiidae) en el control biológico de *Bemisia tabaci* (Genn.) (Hom.: Aleyrodidae) y *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thys.: Thripidae) en pimiento en condiciones de semicampo. *Boletín de sanidad vegetal*; [consultado el 3 de ago. de 2021]. 32(3):283–296. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2128580&orden=0&info=link>.

- Deangelis J, Berry RE, Krantz GW. 1983. Photosynthesis, leaf conductance, and leaf chlorophyll content in spider mite (Acari: Tetranychidae)-Injured peppermint leaves. *Environmental Entomology*. 12(2):345–348. doi:10.1093/ee/12.2.345.
- Díaz-Arias KV, Rodríguez-Maciel JC, Lagunes-Tejeda Á, Aguilar-Medel S, Tejeda-Reyes MA, Silva-Aguayo G. 2019. Resistance to Abamectin in field population of *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) associated with cut rose from State of Mexico, Mexico. *Florida Entomologist*. 102(2):428. doi:10.1653/024.102.0222.
- Doğramaci M, Kakkar G, Kumar V, Chen J, Arthurs S. 2013. Swirski mite (suggested common name) *Amblyseius swirskii* Athias-Henriot (Arachnida: Mesostigmata: Phytoseiidae). University of Florida, IFAS Extension; [consultado el 28 de jun. de 2021]. EENY565(5):1–5. <https://journals.flvc.org/edis/article/download/121083/119759>.
- Duek L, Kaufman G, Palevsky E, Berdicevsky I. 2001. Mites in fungal cultures. *Mycoses*. 44(9-10):390–394. eng. doi:10.1046/j.1439-0507.2001.00684.x.
- El-Laithy AYM, Fouly AH. 1992. Life table parameters of the two phytoseiid predators *Amblyseius scutalis* (Athias-Henriot) and *A. swirskii* A.-H. (Acari, Phytoseiidae) in Egypt. *Journal of Applied Entomology*. 113(1-5):8–12. doi:10.1111/j.1439-0418.1992.tb00631.x.
- [FAO] Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 2018. Proteger la sanidad vegetal. 1ª ed. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación; [consultado el 11 de may. de 2021]. <http://www.fao.org/3/ca0324es/CA0324ES.pdf>.
- [FAO] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2019. Efectos económicos de las plagas y enfermedades transfronterizas. En: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, editor. El estado mundial de la agricultura y la alimentación. 33ª ed. Roma: FAO. p. 227–249 ; [consultado el 12 de may. de 2021]. <http://www.fao.org/3/x9800s/x9800s.pdf>.

- Fasulo TR, Denmark HA. 2003. Twospotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch (Arachnida: Acari: Tetranychidae). University of Florida, IFAS Extension; [consultado el 8 de jul. de 2021]. EENY150(15):1–5. <http://edis.ifas.ufl.edu/pdffiles/in/in30700.pdf>.
- Fernando M, Hassell MP. 1980. Predator-prey responses in an acarine system. *Res Popul Ecol.* 22(2):301–322. doi:10.1007/BF02530853.
- Gerson U. 2014. Pest control by mites (Acari): present and future. *Acarologia.* 54(4):371–394. doi:10.1051/acarologia/20142144.
- Gerson U, Weintraub PG. 2012. Mites (Acari) as a factor in greenhouse management. *Annu Rev Entomol.* 57:229–247. doi:10.1146/annurev-ento-120710-100639.
- Ibrahim YB, Palacio VB. 1994. Life history and demography of the predatory mite, *Amblyseius longispinosus* Evans. *Exp Appl Acarol.* 18(6):361–369. doi:10.1007/BF00116317.
- Jayasinghe GG, Mallik B. 2015. Management of two spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch on tomato using phytoseiid predator, *Neoseiulus longispinosus* (Evans), at green house conditions. India: Department of Entomology, University of Agricultural Sciences GKVK. 1-6. en. 10.13140/RG.2.1.1317.7440.
- Jiménez E. 2009. Métodos de control de plagas. Managua, Nicaragua: Universidad Nacional Agraria, Facultad de Agronomía; [consultado el 4 de may. de 2021]. <https://cenida.una.edu.ni/relectronicos/RENH10J61me.pdf>.
- Knapp M, Palevsky E, Rapisarda C. 2020. Insect and mite pests. En: Gullino ML, Albajes R, Nicot PC, editores. *Integrated pest and disease management in greenhouse crops.* Cham: Springer International Publishing. p. 101–146. doi://10.1007/978-3-030-22304-5_4.
- Kongchuensin M, Charanasri V, Kulpiyawat T, Khantonthong P, others. 2001. Biological control of two-spotted spider mite in strawberries by the predatory mite *Amblyseius longispinosus* (Evans)(Acari: Phytoseiidae). En: Walter DE, Proctor H, Norton RA, Colloff MJ, Halliday RB, editores. *Acarology: proceedings of the 10th international congress.* *Acarology: proceedings of the 10th international*

- congress. Estados Unidos: CSIRO Publishing. p. 513–517 ; [consultado 10/05/21]. <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20013124351>.
- Kongchuensin M, Charanasri V, Takafuji A. 2005. Geographic distribution of *Neoseiulus longispinosus* (Evans) and its habitat plants in Thailand. *J. Acarol. Soc. Jpn.* 14(1):1–11. doi:10.2300/acari.14.1.
- Koppert Biological Systems. c2021. *Tetranychus urticae* araña roja. España: Koppert Biological Systems; [consultado el 21 de abr. de 2021]. <https://www.koppert.es/retos/aranas-rojas-y-otras-aranas/arana-roja/>.
- Lenin N, Bhaskar H. 2018. Efficacy of *Neoseiulus longispinosus* (Evans) (Mesostigmata: Phytoseiidae) for the management of *Tetranychus urticae* Koch (Prostigmata: Tetranychidae) on cucumber under protected cultivation. *Journal of Biological Control.* 33(1):48–52. doi:10.18311/jbc/2019/16305.
- López Manzanares B. 2016. Análisis de la interacción de acaricidas de nueva generación con los agentes de control biológico *Typhlodromus pyri* (Acari:Phytoseiidae) y *Beauveria Bastiana* (Hypocreales: Clavicipitaceae) para su correcta incorporación al Manejo Integrado de *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) [Tesis Doctoral]. España: Universidad de La Rioja; [consultado el 18 de mar. de 2021]. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/tesis/48486.pdf>.
- Martínez N. 2010. Manejo integrado de plagas: una solución a la contaminación ambiental. *Epidemiología en Acción.* 8(1):73–82.
- McMurtry JA, Croft BA. 1997. Life-styles of phytoseiid mites and their roles in biological control. *Annu Rev Entomol.* 42:291–321. eng. doi:10.1146/annurev.ento.42.1.291.
- McMurtry JA, Moraes GJ de, Sourassou NF. 2013. Revision of the lifestyles of phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae) and implications for biological control strategies. *Systematic and Applied Acarology.* 18(4):297. doi:10.11158/saa.18.4.1.

- Messelink GJ, Labbé R, Marchand G, Tavella L. 2020. Sweet peppers. En: Gullino ML, Albajes R, Nicot PC, editores. Integrated pest and disease management in greenhouse crops. Cham: Springer International Publishing. p. 513–535. doi://10.1007/978-3-030-22304-5_18.
- Messelink GJ, van Maanen R, van Holstein-Saj R, Sabelis MW, Janssen A. 2010. Pest species diversity enhances control of spider mites and whiteflies by a generalist phytoseiid predator. *BioControl*. 55(3):387–398. doi:10.1007/s10526-009-9258-1.
- Momen FM, El-Saway SA. 1993. Biology and feeding behavior of the predatory mite, *Amblyseius swirskii* (Acari, Phytoseiidae). *Acarologia*. 34(3):199–204.
- Mondal P, Chinnamade C, Srinivasa N, Gowda C. 2020. Comparative biology and demography of the predatory mite *Neoseiulus longispinosus* (Evans) on five prey species of *Tetranychus* (Acari: Phytoseiidae, Tetranychidae). *Journal of entomology and zoology studies*. 8:606–614.
- Mortazavi N, Fathipour Y, Talebi AA. 2019. The efficiency of *Amblyseius swirskii* in control of *Tetranychus urticae* and *Trialeurodes vaporariorum* is affected by various factors. *Bull Entomol Res*. 109(3):365–375. eng. doi:10.1017/S0007485318000640.
- Opit GP, Nechols JR, Margolies DC. 2004. Biological control of twospotted spider mites, *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae), using *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot (Acari: Phytoseiidae) on ivy geranium: assessment of predator release ratios. *Biological Control*. 29(3):445–452. doi:10.1016/j.biocontrol.2003.08.007.
- Opit GP, Roitberg B, Gillespie DR. 1997. The functional response and prey preference of *Feltiella acarisuga* (Vallot) (Diptera: Cecidomyiidae) for two of its prey: male and female twospotted spider mites, *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). *Can Entomol*. 129(2):221–227. doi:10.4039/Ent129221-2.
- Park H-H, Shipp L, Buitenhuis R. 2010. Predation, development, and oviposition by the predatory mite *Amblyseius swirskii* (Acari: Phytoseiidae) on tomato russet mite (Acari: Eriophyidae). *J Econ Entomol*. 103(3):563–569. eng. doi:10.1603/EC09161.

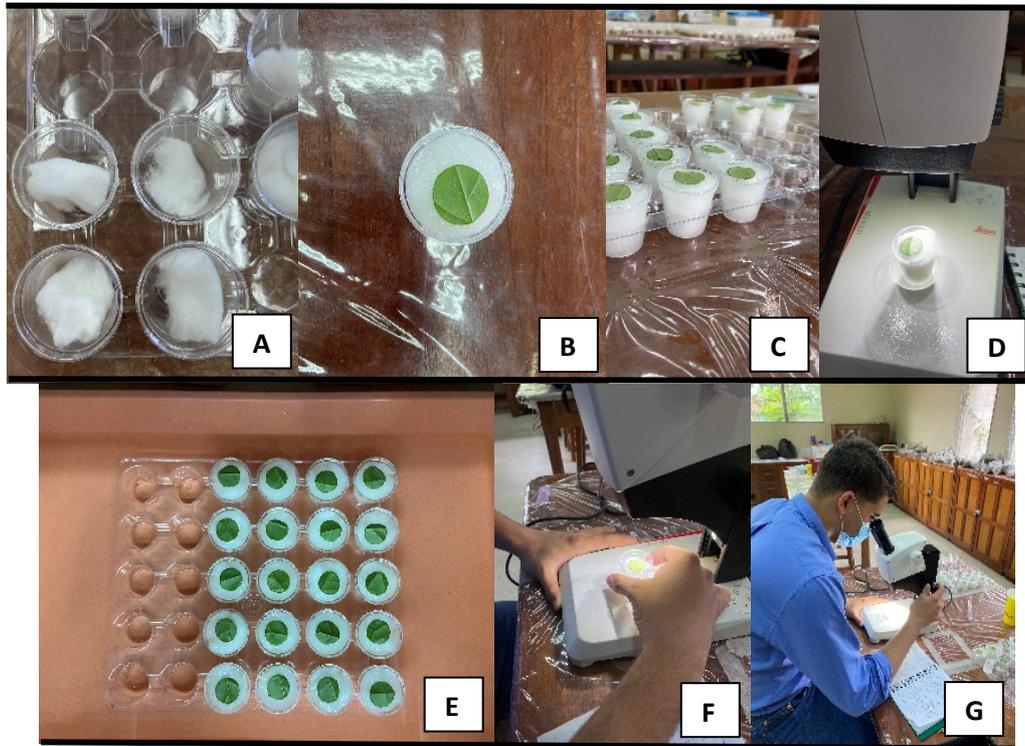
- Park H-H, Shipp L, Buitenhuis R, Ahn JJ. 2011. Life history parameters of a commercially available *Amblyseius swirskii* (Acari: Phytoseiidae) fed on cattail (*Typha latifolia*) pollen and tomato russet mite (*Aculops lycopersici*). *Journal of Asia-Pacific Entomology*. 14(4):497–501. doi:10.1016/j.aspen.2011.07.010.
- Park Y-L, Lee J-H. 2005. Impact of twospotted spider mite (Acari: Tetranychidae) on growth and productivity of glasshouse cucumbers. *J Econ Entomol*. 98(2):457–463. eng. doi:10.1093/jee/98.2.457.
- Peña JE, Mannion CM, Howard FW, Hoy MA. 2006. *Raoiella indica* (Prostigmata: Tenuipalpidae): the red palm mite: a potential invasive pest of palms and bananas and other tropical crops of Florida. University of Florida, IFAS Extension; [consultado el 12 de jun. de 2021]. EENY-376(28):1–8. <https://journals.flvc.org/edis/article/download/116202/114371>.
- Pérez Madruga Y, Alonso-Rodríguez H, Chico R, Rodríguez H. 2012. Biología y conducta alimentaria de *Neoseiulus longispinosus* (Evans) sobre *Tetranychus tumidus* Banks. *Revista de Protección Vegetal*; [consultado el 2 de abr. de 2021]. 27(3):174–180. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1010-27522012000300006.
- Pilkington A, Buchanan D, Jamal GA, Gillham R, Hansen S, Kidd M, Hurley JF, Soutar CA. 2001. An epidemiological study of the relations between exposure to organophosphate pesticides and indices of chronic peripheral neuropathy and neuropsychological abnormalities in sheep farmers and dippers. *Occup Environ Med*. 58(11):702–710. eng. doi:10.1136/oem.58.11.702.
- Pulga PS, Henshel JM, Resende JTV de, Zeist AR, Moreira AFP, Gabriel A, Silva MB, Gonçalves LSA. 2020. Salicylic acid treatments induce resistance to *Tuta absoluta* and *Tetranychus urticae* on tomato plants. *Hortic. Bras*. 38(3):288–294. doi:10.1590/S0102-053620200308.
- Rao SK, Vishnupriya R, Ramaraju K. 2017. Evaluation of predaceous mite, *Neoseiulus longispinosus* (Evans) (Acari:Phytoseiidae) as a predator of the two spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch (Acari:Tetranychidae). *J. Exp. Zool. India*. 20(1):1343–1347.

- Reséndiz-García B, Castillo-Olivas O. 2018. Biología del ácaro de dos manchas *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) en laboratorio en Chapingo, estado de México. *Entomología mexicana*; [consultado el 7 de jun. de 2021]. 5:40–45. <http://www.entomologia.socmexent.org/revista/2018/AA/AA%20040-045.pdf>.
- Rodríguez H, Montoya A, Pérez-Madruga Y, Ramos M. 2013. Reproducción masiva de ácaros depredadores Phytoseiidae: retos y perspectivas para Cuba. *Revista de Protección Vegetal*; [consultado el 23 de jun. de 2021]. 28(1):12–22. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1010-27522013000100002.
- Seiedy M, Soleymani S, Hakimitabar M. 2017. Development and reproduction of the predatory mite *Amblyseius swirskii* Athias-Henriot (Acari: Phytoseiidae) on *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) and *Bemisia tabaci* Gennadius (Heteroptera: Aleyrodidae). *International Journal of Acarology*. 43(2):160–164. doi:10.1080/01647954.2016.1248486.
- Soleymani S, Hakimitabar M, Seiedy M. 2016. Prey preference of predatory mite *Amblyseius swirskii* (Acari: Phytoseiidae) on *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) and *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae). *Biocontrol Science and Technology*. 26(4):562–569. doi:10.1080/09583157.2015.1133808.
- Swirski E, Ragusa S, van Emden H, Wysoki M. 1973. Description of immature stages of three predaceous mites belonging to the genus *Amblyseius* Berlese (Mesostigmata: Phytoseiidae). *Israel Journal of Entomology*; [consultado el 10 de jul. de 2021]. 8:69–87. <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US201303147099>.
- Tlenchana Tisalena JA. 2008. Oviposición de *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) en tres cultivos hospederos en Zamorano, Honduras [Grado]. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano; [consultado el 24 de jun. de 2021]. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/5471/1/CPA-2008-T068.pdf>.

- Tung ND, Huyen LT, Lan DH, van Chi CA, Clercq P de, van Dinh N. 2017. Life table parameters and development of *Neoseiulus longispinosus* (Acari: Phytoseiidae) reared on citrus red mite, *Panonychus citri* (Acari: Tetranychidae) at different temperatures. *Systematic and Applied Acarology*. 22(9):1316. doi:10.11158/saa.22.9.3.
- van Lenteren JC, Nicot PC. 2020. Integrated pest management methods and considerations concerning implementation in greenhouses. En: Gullino ML, Albajes R, Nicot PC, editores. *Integrated pest and disease management in greenhouse crops*. Cham: Springer International Publishing. p. 177–193. doi://10.1007/978-3-030-22304-5_6.
- Xiao Y, Osborne LS, Chen J, McKenzie CL. 2013. Functional responses and prey-stage preferences of a predatory gall midge and two predacious mites with twospotted spider mites, *Tetranychus urticae*, as host. *J Insect Sci*. 13:8. eng. doi:10.1673/031.013.0801.
- Zarghami S, Kocheili F, Mossadegh MS, Allahyari H, Rasekh A. 2014. Prey preference and consumption capacity of *Nephus arcuatus* (Coleoptera: Coccinellidae): the influence of prey stage, prey size and feeding experience. *Biocontrol Science and Technology*. 24(9):1062–1072. doi:10.1080/09583157.2014.919376.
- Zhang Y, Zhang Z-Q, Ji JI, Lin J. 1999. Predation of *Amblyseius longispinosus* (Acari: Phytoseiidae) on *Schizotetranychus nanjingensis* (Acari: Tetranychidae), a spider mite injurious to bamboo in Fujian, China. *Systematic and Applied Acarology*. 4(0):63. doi:10.11158/saa.4.1.9.
- Zhang Y, Zhang Z-Q, Lin J, Liu Q. 1998. Predation of *Amblyseius longispinosus* (Acari: Phytoseiidae) on *Aponychus corpuzae* (Acari: Tetranychidae). *Systematic and Applied Acarology*. 3(0):53. doi:10.11158/saa.3.1.8.

Anexos

Anexo A

Representación de la preparación de los tratamientos del experimento

Nota. A, B y C) Preparación de las arenas de evaluación, D y E) montaje y F y G) evaluación de los tratamientos.

Anexo B

Micrografía estéreo de las diferentes etapas de desarrollo de Neoseiulus longispinosus realizada por

Mondal et al. (2020)



Nota. A) Huevo, B) larva, C) protoninfa, D) deutoninfa, E) hembra adulta y F) macho adulto.

Anexo C

Micrografía estéreo de huevo, larva y hembra adulta de Amblyseius swirskii realizada por Dođramaci et al. (2013)

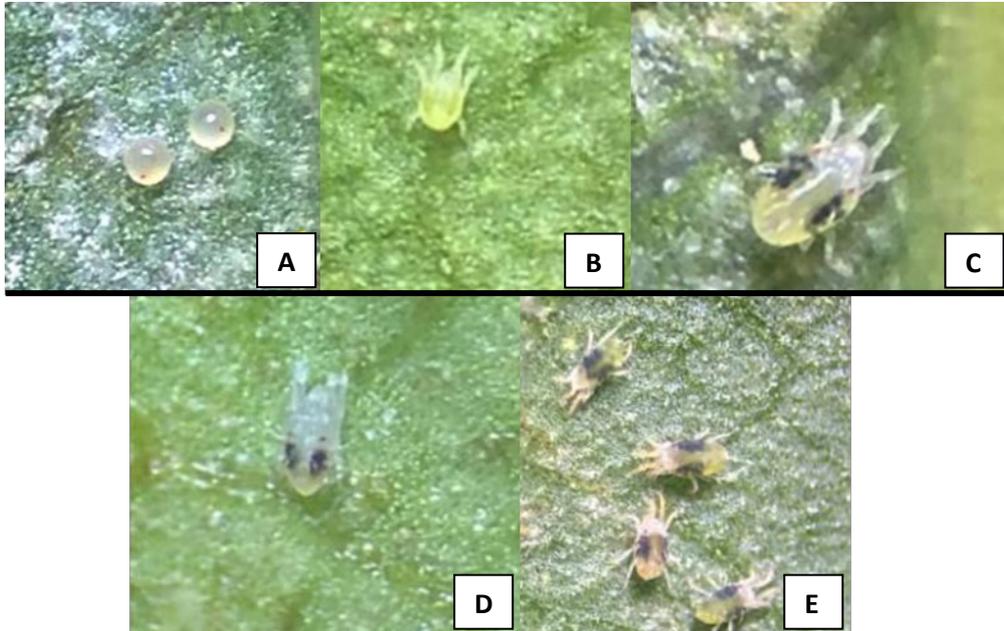


Nota. A) Huevo, B) larva y C) hembra adulta depredando trips.

Anexo D

Micrografía estéreo de las diferentes etapas de desarrollo de Tetranychus urticae realizada por

Reséndiz-García y Castillo-Olivas (2018)



Nota. A) Huevos, B) larva, C) protoninfa, D) deutoninfa y E) hembras adultas.

Anexo E

Porcentajes de depredación de *N. longispinosus* y *A. swirskii* sobre 30 individuos de huevos, larvas y adultos de *T. urticae* a las 24, 48 y 72 horas

Tratamientos		Hora de muestreo		
Ácaro depredador	Estadio de <i>T. urticae</i>	24 horas	48 horas	72 horas
		Media (%) ± D.E	Media (%) ± D.E	Media (%) ± D.E
<i>Neoseiulus longispinosus</i>	Huevo	68.73 ± 0.13 ^a	99.43 ± 0.21 ^a	99.97 ± 0.11 ^a
<i>Amblyseius swirskii</i>	Huevo	23.69 ± 0.12 ^b	46.93 ± 0.14 ^c	75.18 ± 0.16 ^c
<i>Neoseiulus longispinosus</i>	Larva	71.48 ± 0.17 ^a	99.14 ± 0.22 ^a	99.62 ± 0.18 ^a
<i>Amblyseius swirskii</i>	Larva	31.20 ± 0.08 ^b	61.74 ± 0.12 ^b	91.27 ± 0.23 ^b
<i>Neoseiulus longispinosus</i>	Adulto	19.85 ± 0.05 ^{cd}	38.32 ± 0.07 ^c	59.92 ± 0.10 ^d
<i>Amblyseius swirskii</i>	Adulto	13.18 ± 0.06 ^d	23.93 ± 0.08 ^d	35.67 ± 0.06 ^e
Probabilidad		<.0001	<.0001	<.0001
R ²		0.86	0.92	0.90
C.V		26.98	19.46	14.66

Nota. Letras distintas en una misma columna, indican diferencia significativa.

D.E= Desviación estándar

C.V= Coeficiente de variación

Anexo F

Resultados de SAS 9.4® para los muestreos de la variable Tasa de depredación de *N. longispinosus* y

A. swirskii

Hora de muestreo	Pr > F	R ²	C.V	Valor F
24 horas	<.0001	0.877896	23.41171	6.42
48 horas	<.0001	0.928016	13.32082	10.15
72 horas	<.0001	0.917229	9.369443	13.94

Nota. C.V= coeficiente de variación.

Anexo G

Resultados de SAS 9.4® para los muestreos de la variable Tasa de oviposición de *N. longispinosus* y *A.*

swirskii

Hora de muestreo	Pr > F	R ²	C.V	Valor F
24 horas	<.0001	0.178339	65.15950	5.94
48 horas	<.0001	0.374367	41.87963	6.89
72 horas	<.0001	0.228295	37.15925	4.59

Nota. C.V= coeficiente de variación.