

Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Maestría en Ciencias en Agricultura Tropical Sostenible



Tesis de Grado de Maestría
**Optimización de la liberación, establecimiento y almacenamiento del
ácaro depredador *Amblyseius swirskii* (Athias-Henriot) (Acari:
Phytoseiidae)**

Estudiante

Wendy Paola Villamarín Romero

Asesores

Rogelio Trabanino

Jesús Orozco

Raúl Espinal

Honduras, mayo 2022

Autoridades

TANYA MÜLLER GARCÍA

Rectora

ANA M. MAIER ACOSTA

Vicepresidenta y Decana Académica

ARIE SANDERS

Decano Asociado de Posgrado

HUGO ZAVALA MEMBREÑO

Secretario General

Optimización de la liberación, establecimiento y
almacenamiento del ácaro depredador
Amblyseius swirskii (Athias-Henriot) (Acari:
Phytoseiidae)

Wendy Paola Villamarín Romero

Universidad Zamorano

Honduras

Mayo, 2022

Optimization of the release, establishment and
storage of predatory mite *Amblyseius swirskii*
(Athias-Henriot) (Acari: Phytoseiidae)

Wendy Paola Villamarín Romero

Zamorano University

Honduras

Mayo 2022

ZAMORANO

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN AGRICULTURA TROPICAL SOSTENIBLE

**Optimización de la liberación, establecimiento
y almacenamiento del ácaro depredador
Amblyseius swirskii (Athias-Henriot) (Acari,
Phytoseiidae)**

Tesis de graduación presentada como requisito parcial para optar al título de Maestría
en Ciencias en Agricultura Tropical Sostenible

Presentada por

Wendy Paola Villamarín Romero

Zamorano, Honduras

Mayo, 2022

La defensa oral y el documento de tesis de Wendy Paola Villamarín Romero fue revisada y aprobada por el siguiente personal docente y autoridades de la Universidad Zamorano.

Rogelio Trabanino, M.Sc.
Asesor Principal

Jesús Orozco, Ph.D.
Asesor

Raúl Espinal, Ph.D.
Asesor

Arie Sanders, Ph.D.
Decano Asociado de Posgrado

Juan Carlos Rosas, Ph.D.
Director de Investigación

Ana M. Maier, Ph.D.
Vicepresidente y Decano Académico

La hoja de remisión de Visto Bueno contiene las firmas y este documento se encuentra en custodia de la Oficina de Registro.

Las actividades de investigación y desarrollo en las que se basa gran parte de este trabajo de tesis fueron posibles en parte gracias al apoyo de la Fundación Nippon. El contenido es responsabilidad del autor y no refleja necesariamente los puntos de vista de Fundación Nippon.

Optimización de la liberación, establecimiento y almacenamiento del ácaro depredador *Amblyseius swirskii* (Athias-Henriot) (Acari: Phytoseiidae)

Wendy Paola Villamarín Romero

Resumen. *Amblyseius swirskii* (Acari: Phytoseiidae) es un enemigo natural de trips, moscas blancas y ácaros fitófagos. Su producción en laboratorio está establecida desde 2005, sin embargo, se requiere de un mejor manejo en campo para incrementar su efectividad. Se evaluaron los métodos de liberación "sachet", manual, Zamobox y "blower" y su efecto en la dispersión y dinámica poblacional de *A. swirskii* y de trips. También se evaluó el efecto de los alimentos suplementarios artemia salina y *Carpoglyphus lactis*, así como de liberaciones de los depredadores *Chrysoperla carnea*, *Orius insidiosus*, *Neoseiulus cucumeris*, del hongo entomopatógeno *Isaria fumosorosea* y el aceite mineral stylet-oil, en la dinámica poblacional y efectividad de control sobre trips de *A. swirskii*. Estas evaluaciones se llevaron a cabo de forma separada en áreas de una hectárea en cultivo de pimiento. En laboratorio se evaluaron cuatro temperaturas de almacenamiento (4°C, 10°C, 25°C y 33°C) y los empaques bote y bolsa en sobrevivencia bajo almacenamiento. Se encontró que todos los métodos de liberación permiten dispersión de *A. swirskii* y persistencia en el cultivo hasta por tres meses, aunque no presentan efecto significativo en la variable móviles. El alimento no tuvo efecto en móviles del depredador, sin embargo, después del aporte de artemia junto a *C. lactis* esta población incrementa hasta en 30 individuos. La temperatura y empaque de almacenamiento dependen del estadio y la humedad del sustrato. Para adultos de *A. swirskii* la condición ideal es 25°C y 33°C en bote, mientras para huevos es bolsa a 4°C.

Palabras clave: Control biológico, pimiento, plaga, manejo integrado, trips.

Abstract. *Amblyseius swirskii* (Acari: Phytoseiidae) is a natural enemy of thrips, whiteflies and phytophagous mites. Its production in the laboratory has been established since 2005, however, better management in the field is required to increase its effectiveness. The "sachet", manual, Zamobox and "blower" release methods and their effect on the dispersion and population dynamics of *A. swirskii* and thrips were evaluated. The effect of supplementary feeds artemia salina and *Carpoglyphus lactis* was also evaluated, as well as releases of the predators *Chrysoperla carnea*, *Orius insidiosus*, *Neoseiulus cucumeris*, the entomopathogenic fungus *Isaria fumosorosea* and the mineral oil stylet-oil, on population dynamics and effectiveness. of control on thrips of *A. swirskii*. These evaluations were carried out separately in areas of one hectare in pepper cultivation. In the laboratory, four storage temperatures (4°C, 10°C, 25°C and 33°C) and the pot and bag packaging in survival under storage were evaluated. It was found that all release methods allow dispersion of the predatory mite and persistence in the crop for up to three months, although they do not have a significant effect on the mobile variable. The food had no effect on the predator's motives, however, after the contribution of brine shrimp together with *C. lactis*, this population increased by up to 30 individuals. Storage temperature and packaging depend on the stage and moisture of the substrate. For adults of *A. swirskii* the ideal condition is 25°C and 33°C in the pot, while for eggs it is a bag at 4°C.

Keywords: Biological control, sweet pepper, pest, integrated management, thrips.

CONTENIDO

Portadilla.....	i
Página de firmas	ii
Agradecimientos.....	iii
Resumen	iv
Tabla de contenido	v
Lista de cuadros	vi
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. CAPÍTULO 1: Evaluación de cuatro métodos de liberación de <i>Amblyseius swirskii</i>	3
2.1. INTRODUCCIÓN	3
2.2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	6
2.4. RESULTADOS.....	7
2.5. DISCUSIÓN	11
2.6. CONCLUSIONES.....	13
2.7. REFERENCIAS	13
3. CAPÍTULO 2: Evaluación de alimentación suplementaria y combinación con otros enemigos naturales en la dinámica poblacional y efectividad de <i>Amblyseius swirskii</i>	15
3.1. INTRODUCCIÓN	15
3.2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	16
3.3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	19
3.4. RESULTADOS.....	21
3.5. DISCUSIÓN	24
3.6. CONCLUSIONES.....	27
3.7. REFERENCIAS	27
4. CAPÍTULO 3: Determinación de las condiciones de almacenamiento de <i>Amblyseius swirskii</i>.....	30
4.1. INTRODUCCIÓN	30
4.2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	31
4.3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	33
4.4. RESULTADOS.....	34
4.5. DISCUSIÓN	37
4.6. CONCLUSIONES.....	39
4.7. REFERENCIAS	40
5. CONCLUSIONES	41
6. REFERENCIAS.....	42

LISTA DE CUADROS

CAPÍTULO 1

1. Efecto de métodos de liberación en el número promedio de huevos de *Amblyseius swirskii* por m² liberados en el cultivo de pimiento (*Capsicum annuum*). Valle de Comayagua, Honduras, 2021.88
2. Efecto de métodos de liberación en el número promedio de móviles de *Amblyseius swirskii* por m² liberados en cultivo de pimiento (*Capsicum annuum*). Valle de Comayagua, Honduras, 2021.99
3. Efecto de métodos de liberación en el promedio de adultos de trips por por m² liberados en cultivo de pimiento (*Capsicum annuum*). Valle de Comayagua, Honduras, 2021.99
4. Costos totales en US \$ de las liberaciones de *Amblyseius swirskii* por hectárea para cada método de liberación en el cultivo de pimiento (*Capsicum annuum*). Valle de Comayagua, Honduras, 2021.100
5. Correlación de Pearson entre la población de *Amblyseius swirskii* y de *Frankliniella schultzei* con las variables climáticas en el cultivo de pimiento (*Capsicum annuum*). Valle de Comayagua, Honduras, 2021.100

CAPÍTULO 2

1. Tratamientos evaluados para el establecimiento y efectividad de *Amblyseius swirskii* liberado en el cultivo de pimiento (*Capsicum annuum*). Valle de Comayagua, Honduras, 2021.200
2. Dosis y fechas de liberación de los productos aplicados en la evaluación para el establecimiento de *Amblyseius swirskii* en el cultivo de pimiento (*Capsicum annuum*). Valle de Comayagua, Honduras, 2021.200
3. Efecto de alimento suplementario en la dinámica poblacional de *Amblyseius swirskii* y trips por m² en el cultivo de pimiento (*Capsicum annuum*). Valle de Comayagua, Honduras, 2021.211
4. Efecto de alimentación suplementaria en el número promedio de móviles de *Amblyseius swirskii* por m² liberados en el cultivo de pimiento (*Capsicum annuum*). Valle de Comayagua, Honduras, 2021.222
5. Efecto de alimentación suplementaria en el número promedio de inmaduros de trips por m² liberados en el cultivo de pimiento (*Capsicum annuum*). Valle de Comayagua, Honduras, 2021.232
6. Efecto de alimentación suplementaria en el número promedio de adultos de trips por m² liberados en el cultivo de pimiento (*Capsicum annuum*). Valle de Comayagua, Honduras, 2021.233
7. Costos de alimentos suplementarios en US \$ aportados en campo para establecimiento de *Amblyseius swirskii* en el cultivo de pimiento (*Capsicum annuum*). Valle de Comayagua, Honduras, 2021.233

8. Correlación de Pearson entre población de <i>Amblyseius swirskii</i> y <i>Frankliniella schultzei</i> con variables climáticas en el cultivo de pimiento (<i>Capsicum annuum</i>). Valle de Comayagua, Honduras, 2021.....	233
---	-----

CAPÍTULO 3

1. Efecto de la temperatura y el empaque en la población promedio de <i>Amblyseius swirskii</i> evaluados en laboratorio. Universidad Zamorano, Honduras, 2022.	343
2. Diferencia de medias por cuadrados mínimos la población promedio de <i>Amblyseius swirskii</i> /g en la interacción de los factores empaque × temperatura. Universidad Zamorano, Honduras, 2022.	344
3. Efecto de la temperatura, el empaque y el tiempo en la población promedio de <i>Amblyseius swirskii</i> evaluados en laboratorio. Universidad Zamorano, Honduras, 2022.....	354
4. Correlación entre población de <i>Amblyseius swirskii</i> y humedad del sustrato en los empaques evaluados. Universidad Zamorano, Honduras, 2022.	365
5. Efecto de las temperaturas de almacenamiento evaluadas en la humedad del sustrato (%) en el empaque bote de <i>Amblyseius swirskii</i> . Universidad Zamorano, Honduras, 2022.	365
6. Efecto de las temperaturas de almacenamiento evaluadas en la humedad del sustrato (%) en el empaque bolsa de <i>Amblyseius swirskii</i> . Universidad Zamorano, Honduras, 2022.	365
7. Efecto de las temperaturas y empaques de almacenamiento evaluadas en la humedad del sustrato (%) para las presentaciones comerciales evaluadas de <i>Amblyseius swirskii</i> . Universidad Zamorano, Honduras, 2022.....	376

1. INTRODUCCIÓN

El control biológico de plagas agrícolas incluye el uso de parasitoides, depredadores y entomopatógenos. Los ácaros depredadores han sido ampliamente usados para el control de trips, moscas blancas y ácaros fitófagos. Estos pertenecen a la familia Phytoseiidae, que cuenta aproximadamente con 2,400 especies de distribución cosmopolita, e incluye ácaros que consumen altas cantidades de la presa, manteniéndola en bajas densidades (Fathipour y Maleknia, 2016). Los ácaros depredadores pueden ser especialistas o generalistas de acuerdo con la preferencia de alimento. Los depredadores especialistas se alimentan de una presa específica mientras que los generalistas tienen preferencia por un amplio rango de presas y alimentos (Fathipour y Maleknia, 2016).

Las especies generalistas como *Amblyseius swirskii* (Athias-Henriot) (Acari: Phytoseiidae) se pueden alimentar de polen en ausencia de presa, y en general de un amplio rango de alimentos y partes vegetales (Razzak et al., 2019). *A. swirskii* es uno de los ácaros con mayor potencial controlador que está comercialmente disponible desde 2005 y se alimenta de diferentes estadios de moscas blancas (Messelink et al., 2008); y de trips como *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae) (Arthurs et al., 2009; Razzak et al., 2019). También se puede alimentar de huevos y ninfas de ácaros fitófagos como *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) (Buitenhuis et al., 2015), y de huevos y larvas de primer instar de *Diaphorina citri* Kuwa-yama (Hemiptera: Liviidae) (Blasco et al., 2012).

F. occidentalis conocido como el trips occidental de las flores, es una especie plaga, polífaga e invasiva clave en una variedad de cultivos ornamentales y vegetales a nivel mundial, en campo abierto y bajo invernadero (Farkas et al., 2016). Esta especie surgió entre 1970 y 1980 como plaga de importancia económica por su distribución cosmopolita, tipo de alimentación y comportamiento (Reitz et al., 2020). Los daños directos causados por *F. occidentalis* son el resultado de la alimentación y oviposición en hojas, flores y frutos. De forma indirecta, actúa como transmisor de virus pertenecientes al género Orthotospovirus (Tospoviridae), de los cuales el virus del “bronceado del tomate” (TSWV, por sus siglas en inglés) es el de mayor importancia económica (Mouden et al., 2017; Reitz et al., 2020).

Uno de los cultivos afectados por trips y otras plagas de importancia económica como moscas blancas, ácaro blanco *Polyphagotarsonemus latus* (Banks) (Acari: Tarsonemidae) y *T. urticae*, es el pimiento (*Capsicum annuum* L.); siendo *F. occidentalis* y otras especies de trips, la principal plaga que genera daños económicos, pues se han reportado 16 especies de trips en este cultivo. El pimiento es uno de los vegetales más cultivados principalmente en los países en desarrollo, y el segundo vegetal de importancia después del tomate (Maharijaya, 2013). La opción de manejo más usada ha sido la aplicación de insecticidas con poco éxito de control, debido al rápido desarrollo de resistencia en trips, moscas blancas y ácaros fitófagos, lo que ha generado pérdidas económicas; mientras que, el uso excesivo de agroquímicos ha resultado en la contaminación ambiental, efectos negativos en la salud de las personas expuestas, altos costo de manejo (Hassaan y El Nemr, 2020), y el rechazo por parte de las certificaciones para exportación.

En respuesta a estos efectos adversos de insecticidas y bajo control de plagas en pimiento, se han desarrollado alternativas de manejo como el control cultural, etológico, óptico (Mouden et al., 2017), y el control biológico que incluye artrópodos depredadores como *Orius* spp, *Chrysoperla carnea* Steinmann (Neuroptera: Chrysopidae) (Farkas et al., 2016), ácaros depredadores (Blasco et al., 2012; Calvo et al., 2015), y entomopatógenos. Aunque los ácaros depredadores como *A. swirskii* son producidos a nivel comercial en todo el mundo por biofábricas como Koppert Biological Systems, BioBest Biological Systems, y Syngenta Bioline (Lopez y Smith, 2016), los procesos de liberación, suplementación de alimento, integración con otros biocontroladores y el almacenamiento, aún presentan dificultades en los sistemas productivos de pimiento. En general, en la producción bajo invernadero, a pesar de que el control biológico aumentativo ha sido ampliamente implementado, son pocos los sistemas a escala comercial que lo integran a programas de manejo fitosanitario, pues estas liberaciones son generalmente más costosas que la aplicación de insecticidas (Nguyen et al., 2014), y requieren de conocimiento especializado.

2. CAPÍTULO 1: Evaluación de cuatro métodos de liberación de *Amblyseius swirskii*

Resumen. La efectividad de control del ácaro depredador *Amblyseius swirskii*, dependerá de su capacidad para localizar los focos de plagas como trips, la cual también determina su capacidad de dispersión. El efecto de métodos de liberación en la dispersión de *A. swirskii* es escasa. Este estudio se realizó en una hectárea de pimiento para determinar el efecto de cuatro métodos de liberación: “Sachet”, “ZamoBox”, “Blower” y manual, con cuatro repeticiones, en la dispersión y dinámica poblacional de móviles y huevos de *A. swirskii* y de inmaduros y adultos de trips en cultivo de pimiento bajo invernadero, con evaluaciones semanales en puntos de monitoreo fijos por unidad experimental. No se presentaron diferencias entre los tratamientos para dispersión de móviles ni en el promedio de huevos del depredador, el cual presentó una media de 20.7 huevos/m² en toda la evaluación. Tampoco hubo diferencias en *F. schultzei*, como especie predominante en el cultivo. Para móviles de *A. swirskii*, el “blower” presentó los menores valores, significativos al 95% con un promedio de 11.5 ácaros/m², mientras los demás tratamientos presentaron una media de 13.8 ácaros/m². El análisis de costos evidenció que el “blower” es el método de liberación de menor costo con un valor de \$1.810/ha, con mayor uniformidad de liberación y menores costos por mano de obra; mientras el “sachet” presentó el mayor valor, con \$2.421/ha. Se concluye que el método de liberación no tiene efecto en la dispersión de *A. swirskii* y que el factor de mayor importancia es el costo de liberación.

Palabras clave: Dispersión, desplazamiento, presa, costos, liberación lenta.

2.1. INTRODUCCIÓN

Un proceso clave para los insectos depredadores es la dispersión, que está asociada directamente con la persistencia, distribución y abundancia de las poblaciones; que son determinadas por condiciones locales como temperatura y humedad, proporción sexual, interacciones con otras especies, heterogeneidad temporal y espacial, y comportamiento localizado; y que afecta las dinámicas poblacionales y la composición de la comunidad de especies (Revynti et al., 2018).

El análisis de los mecanismos de dispersión contribuye a entender los factores que favorecen el movimiento de los depredadores entre los componentes de un agroecosistema. La vía de dispersión más común en los ácaros depredadores es la ambulatoria, que ocurre a bajas distancias y es generada por la cercanía o contacto entre plantas. Se ha reportado que es la forma de dispersión más usada por hembras adultas, siendo las larvas el estado menos móvil. Por ejemplo, se ha reportado una velocidad de movimiento de 0.1 a 0.4 mm/s o 1 m en 2.7 h para *N. fallacis* (Garman) (Acari: Phytoseiidae), mientras que, *N. californicus* puede caminar 10 m en una hora, lo cual evidencia la importancia de la dispersión ambulatoria y por ende la conectividad entre plantas para la localización y efectividad de control de los ácaros depredadores (Tixier, 2018).

El método de liberación de los ácaros depredadores también influye en su dispersión, así como la distribución de los insectos plaga, pues el control biológico será efectivo a medida que los depredadores puedan localizar estos puntos (Buitenhuis et al., 2010). Los factores como el punto de liberación, la presencia de la presa y arquitectura de la planta determinan el comportamiento de forrajeo de los controladores. El ácaro especialista *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot (Acari, Phytoseiidae) liberado en pepino localiza más rápido focos de la presa (*T. urticae*) cuando estos se encuentran cerca al punto de liberación; pero toma más tiempo cuando el depredador se libera en el tercio alto y la presa se encuentra en el tercio bajo de la planta (Gontijo et al., 2010). Cuando la presa es escasa, los métodos de liberación lenta como los “sachets” permiten mantener poblaciones altas de depredadores en el cultivo (Buitenhuis et al., 2015).

Dentro de los métodos de liberación, el más usado es el método manual, que consiste en depositar de forma localizada los ácaros sobre las plantas, siendo pocos los avances y aplicaciones en cuanto a liberación mecanizada de ácaros depredadores. El control biológico con mayor mecanización de aplicación corresponde a bioplaguicidas formulados en solución líquida como hongos entomopatógenos. Implementos como sopladores mecánicos podrían reducir costos de mano de obra, e incrementar la eficiencia de liberación y uniformidad (Pezzi et al., 2015) favoreciendo la dispersión en toda la población de plantas.

La hipótesis planteada para este experimento es que existe un método de liberación para ácaros depredadores diferente al método manual que genera mayor dispersión de los ácaros y reducción en la inversión económica por liberación.

2.2. REVISIÓN DE LITERATURA

Control biológico. El control biológico corresponde al uso de la población de un organismo para reducir la población de otro. Este método ha sido usado desde más de 2,000 años, pero la investigación y producción comercial se inició a finales del siglo XIX (van Lenteren et al., 2017). El control biológico es el método de control de plagas más seguro, rentable y benéfico para el medio ambiente, y representa la mejor alternativa al uso de insecticidas químicos (Messing y Brodeur, 2018). Actualmente, alrededor de 30 millones de hectáreas con fines agrícolas incluyen control biológico en los planes de manejo integrado. El mayor productor de controladores biológicos invertebrados es Europa, mientras que, Estados Unidos domina la producción de microorganismos benéficos (van Lenteren et al., 2017). Los invertebrados pertenecen a cuatro grupos taxonómicos: Hymenoptera con 52% de especies, Acari con 13%, Coleoptera con 12%, y heteróptera con 8%. Los parasitoides pertenecientes a Hymenoptera son más específicos que los ácaros depredadores que generalmente tienen un amplio más rango de presas y se producen en masa (van Lenteren, 2012). Para ácaros depredadores, la investigación en fitoséidos se intensificó en Europa en los 90s como respuesta a la invasión de *F. occidentalis* y de nuevos biotipos de *Bemisia tabaci* (Calvo et al., 2015).

Aunque el 80% de los enemigos naturales comerciales se usan en sistemas bajo invernadero, más del 90% de esta industria no usa esta alternativa por falta de confianza en la efectividad del método, por lo tanto, aún predomina el uso de insecticidas (Christiansen et al., 2016). Warner y Getz (2008) reportaron que aún predomina el uso de insecticidas químicos con inversiones de \$7 billones, mientras que, la inversión en el control biológico es de \$340 millones a nivel mundial. Se

han reportado aproximadamente 350 especies de enemigos naturales usados a nivel mundial y distribuidos por cerca de 500 productores comerciales. En América Latina, aunque existen empresas dedicadas a esta actividad, los agricultores pueden producir sus propios insectos benéficos (van Lenteren et al., 2017).

Siendo un método que no involucra contaminación ambiental, pero que aumenta la biodiversidad del paisaje agrícola, el control biológico representa la estrategia de manejo de plagas más sostenible, económica, eficiente y ambientalmente deseable (Bale et al., 2008). Es un método asociado a conceptos como intensificación ecológica referida a la producción de alimentos bajo altos estándares de calidad ambiental (Wezel et al., 2015) e intensificación sostenible, en la cual se espera un incremento en la producción usando menos recursos, con sustitución de insumos químicos por controladores biológicos que permitan desarrollar sistemas agrícolas sin efectos adversos al ambiente (Pretty, 2018).

Amblyseius swirskii. Es uno de los ácaros con mayor capacidad de depredación, descrito por primera vez en el año 1962 en almendro (*Prunus amygdalus*) en Bet Dagan, Israel, en donde su ocurrencia se dio de forma natural en cítricos, pero también, en una amplia variedad de cultivos anuales y perennes, y en otras regiones de África, América y Europa (Calvo et al., 2015). Se ha reportado que *A. swirskii* presenta un amplio rango de presas y otros tipos de alimentos como polen o partes vegetales de las que se puede alimentar, por lo tanto, es considerado como un depredador generalista (Razzak et al., 2019). Este depredador pertenece a la familia Phytoseiidae que incluye características como patas largas y el par delantero apuntando hacia adelante. Son ácaros con pocas setas en la parte posterior del cuerpo. Los huevos tienen forma ovalada, son de color lechoso y son depositados en el envés de las hojas principalmente (Malais y Ravensberg, 2006). Los inmaduros tienen tres pares de patas mientras que las proto y deutoninfas tienen cuatro pares de patas y son similares. Los adultos tienen forma de pera, con 0.5 mm de longitud (Doğramaci et al., 2013). Las condiciones ambientales para *A. swirskii* están entre 18 y 36 °C con 60% de humedad relativa y si las temperaturas no superan los 22°C. El ácaro depredador se puede liberar regularmente por no presentar diapausa (Park et al., 2010).

La liberación de estos ácaros como parte de control biológico, está basada en dos principios: el consumo de un organismo por otro organismo y el control que no implica erradicación, pero sí mantenimiento de un equilibrio natural en el agroecosistema. Aunque el control biológico natural ocurría mucho antes del uso de agroquímicos, la implementación de este método disminuyó drásticamente los insectos benéficos afectando la biodiversidad y generó agricultores químico-dependientes (Malais y Ravensberg, 2006).

Métodos de liberación. En el capítulo 2 se abordará el efecto de diferentes métodos de liberación en la dispersión y dinámica poblacional de *A. swirskii* en campo. Se han establecido diferentes patrones de dispersión para ácaros depredadores. Para ácaros generalistas como *A. swirskii* se ha reportado bajo desplazamiento desde el punto de liberación; mientras que, ácaros especialistas como *P. persimilis* presentan mayor actividad y capacidad de dispersión (Jung y Croft, 2001), lo cual indica variación en la dispersión según la especie. Estos controladores son dispersados en campo generalmente de forma manual, implicando altos costos en mano de obra y malestar en las personas involucradas en esta actividad por el tiempo requerido para la liberación de acuerdo con el cultivo y área, e incluso por posible alergia a algunos ácaros.

El método convencional de liberación es manual y consiste en la distribución a mano de los insectos junto al sustrato, y requiere de mucha precisión para que la dispersión sea uniforme. Los métodos mecanizados de liberación permiten reducir costos de mano de obra y mejorar la uniformidad de liberación manteniendo la calidad de los insectos liberados y su capacidad de control (Pezzi et al., 2015). El “blower” o soplador mecánico, es un instrumento que usa fuerza centrífuga para tomar y liberar aire. Internamente presenta un ventilador con muchas hojas que toma aire del exterior y lo hace girar impulsándolo a través de un tubo soplador que tiene una abertura pequeña. Por efecto de la fuerza centrífuga se acumula presión generando que el aire salga a una alta velocidad que alcanza hasta los 155 kph (Blandini et al., 2008).

Los sopladores mecánicos adaptados para liberación de ácaros, como el “Airbug” de Koppert Biological Systems, permiten distribuir de forma rápida y uniforme los ácaros. En este sistema, el ventilador del “blower” es especial y junto al bote dosificador giratorio asegura uniformidad en la liberación con una distancia mínima de 3 m. Si se requiere variación en la distancia mínima, el mini-Airbug y Airobot tienen distancias mínimas de 2 y 10 m, respectivamente, con el mismo sistema de funcionamiento (Koppert, 2021). Estos tipos de liberación tienen como desventajas el posible daño a los insectos por contacto con las partes mecánicas en movimiento, y por los efectos de la humedad que contiene el sustrato o “carrier” que puede generar compactación entre los insectos, afectando la liberación y las dosis. Pero estos son métodos de liberación convenientes para cultivos con altas densidades de siembra o camas donde la liberación manual es difícil por el acceso limitado a las plantas (Pezzi et al., 2015). La velocidad de dispersión del “blower” también determina la sobrevivencia y depredación posterior de los ácaros, siendo menos perjudicial la liberación a bajas velocidades (Opit et al., 2005).

Otros métodos de liberación son los “sachets”, que son sobres de liberación lenta, alimentación y reproducción. Son bolsas de dimensiones 9 cm × 3 cm, que se disponen sobre las plantas en un lugar sombreado, las cuales contienen 250 ácaros depredadores junto con material portador como salvado de trigo y alimento para garantizar la reproducción. Este empaque permite la alimentación y multiplicación de los ácaros que salen por aberturas acorde a su tamaño. Los ácaros buscan su presa o esperan a que se acerque para alimentarse (Buitenhuis et al., 2014). Este método asegura la presencia de los depredadores por varias semanas por medio de migración desde el “sachet” (Midthassel et al., 2014). Existen variaciones de este método de liberación, por ejemplo, el Bio-Box de Biobest, el cual consiste en una caja de cartón, con dimensiones aproximadas de 5 cm × 5 cm × 6 cm, donde se disponen los insectos depredadores con sustrato y/o alimento. Es un contenedor para colgar en la planta evitando una liberación directa sobre el cultivo (Biobest, 2021).

2.3. MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del estudio. La evaluación se realizó en un invernadero de producción de pimiento de la Corporación Dinant ubicada en Departamento de Comayagua, Honduras.

Material Biológico y condiciones del estudio. La liberación de *A. swirskii* se realizó en una hectárea de pimiento variedad “Felicitas”, bajo invernadero, con 34,104 plantas. La edad de las plantas fue de 30 días posterior a la siembra. Las plantas estaban ubicadas en 98 camas con 348 plantas/cama, y dentro de cada cama las plantas estaban agrupadas cada seis plantas en una bolsa denominada

“salchicha”, para un total de 58 salchichas/cama. El ácaro depredador *A. swirskii* fue obtenido del Laboratorio de Control Biológico de la Universidad Zamorano, a excepción del empaque “sachet” que se obtuvo en Koppert Biological Systems, Holanda. La dosis aplicada fue de 87.5 ácaros/m².

Diseño experimental. Se empleó un diseño de bloques completos al azar (DBCA) con repeticiones en el tiempo. El factor de bloqueo fueron los bordes tanto del invernadero como internos respecto a la zona central del invernadero, para un total de cuatro bloques. Los tratamientos correspondieron a cuatro métodos de liberación: manual, soplador mecánico o “blower”, “sachet” y Zamobox (variación del biobox). Para los métodos manual y “blower”, las unidades se ajustaron a la dosis recomendada por lo tanto en cada tratamiento se liberaron 218,750 ácaros. Los empaques de liberación lenta contenían 250 ácaros por unidad, es decir 875 unidades de cada empaque para la totalidad de la evaluación. Cada unidad experimental equivalente a bloque-tratamiento tuvo un área de 625 m² y comprendió 1848 plantas dispuestas en 11 camas, cada una con 168 plantas, no fueron consideradas para la evaluación las plantas de los bordes. Los métodos manuales y “blower” se aplicaron siguiendo las camas o líneas de siembra, mientras que, los métodos de liberación lenta (“sachet” y zamobox) se ubicaron cada nueve plantas en todas las camas. Las condiciones ambientales se obtuvieron de satélite en el software CropMonitoring.

Muestreo. Los muestreos se realizaron cada semana durante tres meses, con la observación visual *in situ* de las poblaciones tanto de trips, otras plagas presentes, y *A. swirskii*, observando dos hojas de los tercios bajo, medio y alto, así como en flores, considerando que las poblaciones de trips tienen preferencia por yemas terminales y flores de pimiento (Arthurs et al., 2009). Para definir la dispersión se establecieron cinco puntos por unidad experimental, con la misma ubicación para cada tratamiento. Ninguno de estos puntos estuvo cerca de puntos de liberación. Cada punto correspondió a seis plantas. Se realizaron análisis de la dinámica poblacional del ácaro depredador y de trips, correlación de las poblaciones con el clima, y análisis de costos considerando los tiempos de liberación de cada uno (mano de obra) y el área cubierta por cada método.

Alimento. La liberación de alimento se realizó con el ácaro *C. lactis* a los 18 días después de inicio de los tratamientos. El método usado fue manual y se liberó en dosis de 1,000 ácaros/m² en todo el invernadero.

Análisis de datos. Para analizar la dispersión de *A. swirskii* y los costos asociados a cada método de liberación, se evaluaron las variables dinámica poblacional de trips y *A. swirskii*, y el tiempo de liberación. Se llevó a cabo un análisis de varianza (ANDEVA) y una comparación de medias a través del método Duncan para determinar el efecto del tipo de liberación en las variables de interés, usando el software estadístico “Statistical Analysis System (SAS versión 9.4®).

2.4. RESULTADOS

Dispersión. El primer monitoreo realizado cuatro días después de la liberación permite evidenciar que en todos los puntos de monitoreo para todos los tratamientos se encontraron individuos tanto de huevos (Cuadro 1) como de móviles (Cuadro 2), lo cual indica que hubo desplazamiento de *A. swirskii* a partir del punto de liberación en todos los métodos evaluados.

Dinámica poblacional de huevos de *Amblyseius swirskii*. Los métodos de liberación no tuvieron un efecto significativo en el número promedio de huevos de *A. swirskii*. Sin embargo, al realizar un análisis en el tiempo (Cuadro 1) se puede evidenciar que del día 4 al día 11 después de liberación (DDL) el método “sachet” presentó el mayor incremento de este estadio en aproximadamente 16 huevos, respecto a los demás tratamientos que incrementaron en cuatro a cinco huevos. Este incremento se obtuvo con los métodos manual y Zamobox a los 25 DDL, y para el método “blower” a los 25 DDL. Al final de la evaluación, 74 DDL, el método “blower” presentó un número promedio de huevos del depredador significativamente mayor respecto a los demás tratamientos.

Dinámica poblacional de móviles de *Amblyseius swirskii*. Los tratamientos evaluados tuvieron un efecto significativo en la variable móviles de *A. swirskii*. Del día 4 DDL al día 11 DDL el mayor incremento para este estado se presentó para los métodos Zamobox y “sachet” con 2 y 1 móvil respectivamente. Del día 4 al día 18 el método “blower” presentó los menores promedio de móviles del ácaro, sin embargo, a partir de los 25 DDL ya no presentó diferencia con los demás métodos de liberación (Cuadro 2). En general, el mayor promedio de móviles de *A. swirskii* se presentó con los métodos manual, zamobox y “blower”.

Cuadro 1. Efecto de métodos de liberación en el promedio de huevos de *Amblyseius swirskii* por m² liberados en el cultivo de pimiento (*Capsicum annuum*). Valle de Comayagua, Honduras, 2021.

Método de liberación	Días después de liberación								Media
	4	11	18	25	33	39	53	74	
“Sachet” ^δ	1.7 b ^Ω	17.7 a	22.9 a	31.3 a	39.0	43.5 b	16.1 b	6.9 b	20.63
Manual	2.9 a	8.4 b	18.3 a	29.9 a	43.7	54.5 a	18.1 b	6.5 b	20.79
ZamoBox ^α	1.9 b	7.5 b	20.7 a	31.0 a	39.5	58.9 a	16.1 b	7.3 b	21.37
“Blower” ^β	1.5 b	5.9 b	10.0 b	22.1 b	34.1	52.9 a	24.2 a	10.6 a	19.59
Pr>F	0.00	0.00	0.00	0.02	0.09	0.00	0.00	0.00	0.11
R²	0.22	0.44	0.35	0.18	0.13	0.30	0.22	0.30	0.75
CV	5.93	16.36	15.90	13.46	13.28	12.57	14.50	8.07	14.24

^Ω Valores en cada columna con letras diferentes son estadísticamente diferentes (P<0.05)

^δ Sobre de liberación lenta, alimentación y reproducción de ácaros depredadores, dimensiones 9 cm x 3.5 cm

^α Caja de liberación lenta, alimentación y reproducción de ácaros depredadores, dimensiones 5 cm x 5 cm x 6 cm

^β Soplador mecánico

Dinámica poblacional de trips. Se identificó a *F. schultzei* (Trybom) (Thysanoptera: Thripidae) conocido como el trips común de las flores o del algodón, como la especie de trips predominante en el cultivo. Fue identificado por el Laboratorio de Entomología de la Universidad Zamorano. Al evaluar la dinámica poblacional de inmaduros de trips, no se determinó efecto significativo de los tratamientos en el número promedio de individuos de este estadio (P= 0.89), pero sí para el promedio de adultos. El mayor promedio de móviles de *F. schultzei* se obtuvo bajo los métodos de liberación “sachet”, manual y Zamobox, con alta variabilidad a lo largo de la evaluación (Cuadro 3).

Cuadro 2. Efecto de métodos de liberación en el promedio de móviles de *Amblyseius swirskii* por m² liberados en cultivo de pimiento (*Capsicum annuum*). Valle de Comayagua, Honduras, 2021.

Método de liberación	Días después de liberación								Media
	4	11	18	25	33	39	46	67	
“Sachet” ^δ	3.2 a ^Ω	4.5 a	6.7 a	10.8 a	9.2 b	11.4 b	15.5 b	19.8 a	13.43 a
Manual	2.2 b	2.7 bc	4.9 a	6.9 b	11.4 a	14.1 ab	22.92 a	17.8 ab	13.53 a
ZamoBox ^α	1.5 bc	3.4 ab	5.8 a	7.2 b	8.0 b	15.1 a	24.85 a	20.3 a	14.55 a
“Blower” ^β	1.3 c	1.8 c	2.8 b	5.4 b	8.0 b	13.5 ab	13.88 b	14.6 b	11.50 b
Pr>F	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
R²	0.33	0.30	0.35	0.21	0.22	0.25	0.21	0.25	0.66
CV	5.99	8.88	0.35	13.44	11.03	12.43	21.24	11.44	14.07

^Ω Valores en cada columna con letras diferentes son estadísticamente diferentes (P<0.05)

^δ Sobre de liberación lenta, alimentación y reproducción de ácaros depredadores, dimensiones 9 cm x 3.5 cm

^α Caja de liberación lenta, alimentación y reproducción de ácaros depredadores, dimensiones 5 cm x 5 cm x 6 cm

^β Soplador mecánico

Cuadro 3. Efecto de métodos de liberación en el promedio de adultos de trips por m² en cultivo de pimiento (*Capsicum annuum*). Valle de Comayagua, Honduras, 2021.

Método de liberación	Días después de liberación								Media
	4	11	18	25	33	39	46	67	
“Sachet” ^δ	1.65 a ^Ω	2.02 a	2.50 a	3.14 a	2.98 ab	3.22 b	3.65 b	4.39 a	3.38 a
Manual	1.38 ab	1.51 bc	2.09 a	2.56 b	3.23 a	3.64 ab	4.44 ab	4.11 ab	3.33 a
ZamoBox ^α	1.11 bc	1.68 ab	2.25 a	2.60 ab	2.80 ab	3.83 a	4.77 a	4.41 a	3.44 a
“Blower” ^β	0.98 c	1.09 c	1.46 b	2.08 b	2.74 b	3.54 ab	3.56 b	3.77 b	2.98 b
Pr>F	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
R²	0.30	0.33	0.34	0.22	0.20	0.24	0.44	0.24	0.66
CV	42.66	42.56	34.68	33.07	23.20	23.74	15.55	18.21	28.19

^Ω Valores en cada columna con letras diferentes son estadísticamente diferentes (P<0.05)

^δ Sobre de liberación lenta, alimentación y reproducción de ácaros depredadores, dimensiones 9 cm x 3.5 cm

^α Caja de liberación lenta, alimentación y reproducción de ácaros depredadores, dimensiones 5 cm x 5 cm x 6 cm

^β Soplador mecánico

Costos de liberación. Los costos de liberación por hectárea con una dosis recomendada de 90 ácaros/m², estuvieron determinados por la mano de obra necesaria para la liberación con cada uno de los métodos y por el costo de las tecnologías usadas. Los mayores costos totales corresponden al método “sachet”, mientras que los menores costos a liberación con “blower” (Cuadro 4).

Cuadro 4. Costos totales en US \$ de las liberaciones de *Amblyseius swirskii* por hectárea para cada método de liberación en el cultivo de pimiento (*Capsicum annum*). Valle de Comayagua, Honduras, 2021.

Métodos de liberación	Costo mano de obra	Costo de la tecnología	Costo ácaros	Costo total
“Sachet” ^δ	59.68	2361.6	0	2421.28
Manual	32.20	0	1800.0	1832.20
ZamoBox ^α	95.48	55.21	1800.0	1950.69
“Blower” ^β	5.36	4.33 ^Ω	1800.0	1809.69

^δ Sobre de liberación lenta, alimentación y reproducción de ácaros depredadores, dimensiones 9 cm x 3.5 cm

^α Caja de liberación lenta, alimentación y reproducción de ácaros depredadores, dimensiones 5 cm x 5 cm x 6 cm

^β Soplador mecánico

^Ω Costo de la tecnología en una semana con depreciación a 3 años

Correlación entre especies y variables climáticas. La variable huevos de *A. swirskii* presenta una correlación baja positiva con los móviles de la misma especie, pero con los trips presenta una relación baja negativa. Respecto a las variables climáticas, la correlación de huevos del depredador con la temperatura es positiva, mientras con humedad relativa y precipitación, la correlación es negativa. Los estados móviles del depredador presentan una correlación intermedia positiva con la población de trips, negativa con la temperatura y precipitación, y positiva con humedad relativa. Las mismas correlaciones se presentan para los estadios móviles de trips (Cuadro 5).

Durante la evaluación, los promedio para las variables temperatura, humedad relativa y precipitación en el exterior de los invernaderos fueron 24°C, 73.67% y 1.59 mm, respectivamente. Al interior, la temperatura y humedad relativa incrementaban hasta 35 ± 2°C y 90 ± 5% respectivamente.

Cuadro 5. Correlación de Pearson entre la población de *Amblyseius swirskii* y de *Frankliniella schultzei* con las variables climáticas en el cultivo de pimiento (*Capsicum annum*). Valle de Comayagua, Honduras, 2021.

Variables	Huevos de <i>A. swirskii</i>	Móviles de <i>A. swirskii</i>	Trips	Temperatura	Humedad Relativa
Huevos de <i>A. swirskii</i>	-				
Móviles de <i>A. swirskii</i>	0.155***	-			
Trips	-0.118***	0.580***	-		
Temperatura	0.308***	-0.337***	-0.537***	-	
Humedad relativa	-0.366 ^{ns}	0.263 ^{ns}	0.465 ^{ns}	-0.608 ^{ns}	-
Precipitación	-0.157 ^{ns}	-0.202 ^{ns}	-0.186 ^{ns}	0.2468 ^{ns}	0.1559 ^{ns}

***: significativo (P<0.05)

^{ns}: no significativo (P<0.05)

2.5. DISCUSIÓN

Dispersión. La eficiencia de los ácaros depredadores para controlar una plaga está altamente influenciada por su capacidad de dispersión y movimiento a partir del punto de liberación para ir en busca de la presa (Lopez et al., 2017). Además de los métodos de liberación, uno de los principales factores que influye en la dispersión de ácaros depredadores es la continuidad y cercanía entre las plantas, pues se ha demostrado que, si los doseles de las plantas no están conectados, la dispersión de ácaros como *N. cucumeris* es limitada, independientemente de cómo se haya liberado. La dispersión también está determinada por la presencia de presa o alimento y la temperatura, que limita la dispersión a más de 35 °C; mientras que, plantas bajo estrés por sequía mejoran la dispersión para *N. californicus* (Tixier, 2018). La dispersión de *A. swirskii* a lo largo de la evaluación no estuvo determinada por los métodos de liberación porque se encontraron huevos y móviles en todos los puntos de monitoreo bajo todos los tratamientos en el primer muestreo a los 4 DDL, lo cual indica desplazamiento del ácaro. La cercanía entre las plantas favoreció el movimiento de los ácaros en todos los tratamientos. El factor temperatura no fue limitante para la dispersión, ni tampoco la disponibilidad de alimento, ya que a pesar de que la población de trips apareció en el cultivo hasta 33 días DDL, se encontraron móviles de *A. swirskii* en todos los puntos de muestreo a partir de los 4 DDL (Cuadro 2). Buitenhuis et al. (2010) y Lopez et al. (2017) encontraron resultados similares, al reportar que la presencia de *P. latus* en pimiento y de *F. occidentalis* en crisantemo no tuvieron un efecto significativo en la dispersión de *A. swirskii*.

Por otra parte, Buitenhuis et al. (2010) encontraron que *A. swirskii* en crisantemo no se dispersa más allá del punto de liberación, sin embargo, a partir de los cuadros 1 y 2 de este estudio se observa que el ácaro se dispersó desde el punto de liberación, independientemente del método usado, por la observación a los 4 DDL. Se ha reportado que *A. swirskii* se mueve 1 m más allá de la planta liberada en 24 horas (Lopez et al., 2017), similar a lo encontrado en el presente estudio, donde se evidenció que en los métodos de liberación lenta el ácaro se desplazó 1.5 m en 96 horas (distancia máxima de un punto de liberación al punto de muestreo), desplazamiento que se pudo dar en un tiempo menor a este.

Como desventajas de los tratamientos evaluados, se ha reportado que los métodos de liberación lenta podrían restringir la dispersión de los ácaros depredadores, a menos que se ubiquen en cada una de las plantas presentes en el cultivo para mayor cobertura con una alta frecuencia de compra para garantizar la población (Buitenhuis et al., 2015), sin embargo, aunque en el presente estudio se ubicaron los “sachets” y zamoboxes cada nueve plantas, los ácaros fueron encontrados en todos los puntos de muestreo intermedios entre estas plantas por un periodo de tres meses y con una única liberación. La liberación manual y con “blower” podría presentar como inconveniente la caída de ácaros en el sustrato de las plantas o en el suelo, por la velocidad de liberación y la dificultad en asegurar que todo el material quede sobre las plantas. Esto debido a la pérdida del material y a que ácaros fitoséidos son altamente susceptibles a morir cuando se encuentran sobre sustrato y no sobre las plantas (Buitenhuis et al., 2010), sin embargo, estos tratamientos tampoco presentaron diferencias significativas respecto a los métodos de liberación lenta. Entonces, todos los métodos de liberación evaluados permiten movimiento de ácaros a partir del punto de

liberación y garantizan población de huevos y móviles del ácaro hasta tres meses después de la liberación.

Dinámica poblacional de *Amblyseius swirskii*. La liberación de *A. swirskii* usando los métodos “sachet”, manual, Zamobox y “blower”, presentó una dinámica poblacional del depredador *A. swirskii* con muy pocas variaciones (Cuadro 1 y 2), sin embargo, todos los métodos garantizaron población de huevos y móviles del ácaro depredador hasta tres meses después de la liberación, lo cual indica que ninguno presenta efectos negativos sobre el desarrollo y crecimiento poblacional de *A. swirskii*. Uno de los métodos que ha reportado posibles daños mecánicos es el soplador mecánico o “blower, sin embargo, Pezzi et al. (2015) evaluaron un “blower” o soplador mecánico diseñado para liberar ácaros depredadores encontrando que al liberar *P. persimilis* y *A. swirskii* no se afectó la reproducción, oviposición ni tasa de crecimiento. Lo cual se evidenció en el estudio, pues estas variables no fueron afectadas al comparar el efecto del “blower” respecto a los demás tratamientos, lo que sugiere que los sopladores mecánicos no afectan la integridad de los ácaros ni sus parámetros de calidad, y generan una distribución horizontal uniforme, ideal para las liberaciones inundativas de grandes extensiones bajo invernadero. Se ha reportado que liberaciones con “blower” pueden afectar la sobrevivencia de ácaros depredadores especialistas como *P. persimilis* con relación a la liberación manual, sin embargo, no hay diferencia cuando se liberan depredadores generalistas como *A. cucumeris*. Esto puede indicar que liberaciones con “blower” son viables para *A. swirskii*.

Respecto al nivel de control de trips, el mayor promedio de adultos se presentó para los métodos de liberación “sachet”, manual y Zamobox; métodos que también presentan el mayor promedio de móviles de *A. swirskii*. Es posible que en este resultado hayan influido otros factores como presencia de otros depredadores o labores agronómicas del cultivo.

Costos de liberación. Los mayores costos totales de liberación corresponden a “sachet”, con un 32% mayor respecto a la liberación manual, por el costo de la tecnología; seguido del ZamoBox, que incluye dos procesos: la ubicación de los zamoboxes en las plantas y la disposición del material a liberar dentro de estas, por lo cual presenta el mayor valor por mano de obra (Cuadro 3). El costo de liberación con “blower” correspondió al 98% de los costos de una liberación manual, con mayor uniformidad y menor tiempo de liberación. Sin embargo, Opit et al. (2005) reportaron que la liberación de ácaros depredadores con “blower” representa la mitad de los costos de una liberación manual sin afectar ácaros generalistas como *A. cucumeris*, incluyendo costos del material biológico, tecnología y mano de obra; y el tiempo de liberación es reducido en 47%. Al evaluar un liberador mecánico para *P. persimilis* y *Orius insidiosus* con el fin de compararlo con la liberación manual también se evidenció que distribución del prototipo fue más uniforme y el tiempo de liberación menor respecto a la liberación manual (Blandini et al., 2008). La liberación manual presenta un costo intermedio entre el “sachet” y ZamoBox, con desventajas como la distribución heterogénea de ácaros en el campo y los costos por la mano de obra.

Influencia de variables climáticas. Por el origen de *A. swirskii* en costas húmedas del mediterráneo, se espera que se desarrolle mejor en condiciones de altas temperaturas y humedades relativas. Sin embargo, se ha reportado que la tasa de depredación de trips y su establecimiento bajo condiciones de invierno o verano no se ven afectadas, mientras que, en *N. cucumeris* si se reduce la depredación a temperaturas bajas. Al ser poiquilotermos, los ácaros se desarrollan mejor en condiciones similares a las de su origen por lo que *A. swirskii* puede tener un mejor comportamiento bajo altas temperaturas (Hewitt et al., 2015). Sin embargo, se encontró que el estado que es favorecido por altas temperaturas es el de huevo, ya que los móviles

presentan una correlación negativa con la temperatura (Cuadro 4). Se puede inferir que esta respuesta está asociada a la humedad relativa, pues la humedad relativa es el factor principal que determina la eclosión, desarrollo y sobrevivencia de *A. swirskii*, considerando que a mayor temperatura menor humedad relativa como se indica también en el cuadro 4.

2.6. CONCLUSIONES

Se concluye que el método de liberación no influye en la dispersión del ácaro depredador *A. swirskii*, por lo tanto, independientemente del método elegido, el ácaro se dispersará y localizará los focos de plagas como *F. schultzei* siempre que existan condiciones ambientales y medios para favorecer el movimiento como la cercanía entre plantas. El costo de liberación determinará el método de liberación a usar. El “sachet” presenta el mayor costo por hectárea, mientras el “blower” el menor. Sin embargo, todos los métodos garantizan crecimiento poblacional de *A. swirskii* hasta por tres meses con una única liberación.

Se recomienda incrementar el tiempo de evaluación para determinar la frecuencia adecuada de liberación sin que la población de *A. swirskii* se reduzca drásticamente. También caracterizar la población de trips presente en el cultivo y analizar su dispersión, para planificación de liberaciones de *A. swirskii*.

2.7. REFERENCIAS

- Arthurs, S., McKenzie, C. L., Chen, J., Dogramaci, M., Brennan, M., Houben, K. y Osborne, L. (2009). Evaluation of *Neoseiulus cucumeris* and *Amblyseius swirskii* (Acari: Phytoseiidae) as biological control agents of chilli thrips, *Scirtothrips dorsalis* (Thysanoptera: Thripidae) on pepper. *Biological Control*, 49(1), 91–96. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2009.01.002>
- Blandini, G., Emma, G., Failla, S. y Manetto, G. (2008). A Prototype for Mechanical Distribution of Beneficials. *Acta Horticulturae*, (801), 1515–1522.
- Buitenhuis, R., Murphy, G., Shipp, L. y Scott-Dupree, C. (2015). *Amblyseius swirskii* in greenhouse production systems: A floricultural perspective. *Experimental & Applied Acarology*, 65(4), 451–464. <https://doi.org/10.1007/s10493-014-9869-9>
- Buitenhuis, R., Shipp, L. y Scott-Dupree, C. (2010). Dispersal of *Amblyseius swirskii* Athias-Henriot (Acari: Phytoseiidae) on potted greenhouse chrysanthemum. *Biological Control*, 52(2), 110–114. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2009.10.007>
- Gontijo, L. M., Margolies, D. C., Nechols, J. R. y Cloyd, R. A. (2010). Plant architecture, prey distribution and predator release strategy interact to affect foraging efficiency of the predatory mite *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae) on cucumber. *Biological Control*, 53(1), 136–141. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2009.11.007>

- Hewitt, L. C., Shipp, L., Buitenhuis, R. y Scott-Dupree, C. (2015). Seasonal climatic variations influence the efficacy of predatory mites used for control of western flower thrips in greenhouse ornamental crops. *Experimental & Applied Acarology*, 65(4), 435–450. <https://doi.org/10.1007/s10493-014-9861-4>
- Lopez, L., Smith, H. A., Hoy, M. A. y Cave, R. D. (2017). Dispersal of *Amblyseius swirskii* (Acari: Phytoseiidae) on High-Tunnel Bell Peppers in Presence or Absence of *Polyphagotarsonemus latus* (Acari: Tarsonemidae). *Journal of Insect Science*, 17(1). <https://doi.org/10.1093/jisesa/jiew095>
- Opit, G. P., Nechols, J. R., Margolies, D. C. y Williams, K. A. (2005). Survival, horizontal distribution, and economics of releasing predatory mites (Acari: Phytoseiidae) using mechanical blowers. *Biological Control*, 33(3), 344–351. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2005.03.010>
- Pezzi, F., Martelli, R., Lanzoni, A. y Maini, S. (2015). Effects of mechanical distribution on survival and reproduction of *Phytoseiulus persimilis* and *Amblyseius swirskii*. *Biosystems Engineering*, 129(1), 11–19. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2014.09.004>
- Revynthi, A. M., Egas, M., Janssen, A. y Sabelis, M. W. (2018). Prey exploitation and dispersal strategies vary among natural populations of a predatory mite. *Ecology and Evolution*, 8(21), 10384–10394. <https://doi.org/10.1002/ece3.4446>
- Tixier, M. (2018). Predatory Mites (Acari: Phytoseiidae) in Agro-Ecosystems and Conservation Biological Control: A Review and Explorative Approach for Forecasting Plant-Predatory Mite Interactions and Mite Dispersal. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 6, Artículo 192, 341. <https://doi.org/10.3389/fevo.2018.00192>

3. CAPÍTULO 2: Evaluación de alimentación suplementaria y combinación con otros enemigos naturales en la dinámica poblacional y efectividad de *Amblyseius swirskii*

Resumen. El establecimiento de ácaros depredadores es importante en ausencia de plagas, asegura su presencia cuando incrementa la población de plagas y contribuye a reducir costos por liberaciones repetidas. Se evaluó el efecto de los factores alimento suplementario y biológicos acompañantes en establecimiento y efectividad de *A. swirskii* en una hectárea de pimiento bajo invernadero. Como alimento se evaluaron cistos de *Artemia salina*, *Carpoglyphus lactis* y su combinación; y como biológicos acompañantes se liberó *Orius insidiosus*, *Chrysoperla carnea*, *Neoseiulus cucumeris*, *Isaria fumosorosea* y el aceite mineral "Stylet-Oil". Se realizó un diseño completamente aleatorizado en arreglo factorial con tres repeticiones y monitoreo semanal de la dinámica poblacional de *A. swirskii* y trips. El factor biológico acompañante no tuvo efecto significativo en las variables evaluadas. El alimento presentó efecto en huevos de *A. swirskii* y en la población de trips inmaduros y adultos. A pesar de no presentar diferencias significativas en móviles de *A. swirskii* por alimento aportado, se evidenció que esta suplementación incrementó este estadio en 30 individuos 7 después de la liberación del alimento en combinación (*Artemia* + *C. lactis*). Respecto a adultos de trips, los menores valores de esta población se presentaron bajo el aporte de artemia y bajo la combinación de alimentos. Se concluye que artemia es un alimento con efecto positivo en la población de *A. swirskii*, pero su efectividad incrementa cuando se aporta en combinación con otro alimento. Además, requiere un óptimo manejo para no perder calidad nutricional en condiciones de invernadero.

Palabras clave: Alimento, depredación intragremial, costos, plagas, depredación.

3.1. INTRODUCCIÓN

El ácaro depredador *A. swirskii* tiene limitantes como el bajo establecimiento después de la liberación y baja persistencia en periodos de escases de plagas, los cuales son atenuados por medio de liberaciones repetidas como parte de una "póliza de seguro" del control (Messelink et al., 2014), que incrementan los costos de manejo que superan los 6500 USD/ha sin incluir la mano de obra. Una alternativa para promover el establecimiento es la suplementación de alimento en campo como fuente de alimento alternativa a la presa cuando esta se encuentra en niveles bajos, que a su vez mejora la capacidad de depredación de los ácaros depredadores sobre las plagas objetivo (Vangansbeke et al., 2016). El tipo de alimentación determina el desarrollo, la oviposición y sobrevivencia de *A. swirskii*. Cuando este ácaro es alimentado con polen de *Typha angustifolia* L. (Poales: Typhaceae) y con el ácaro rojo del tomate *Aculops lycopersici* Tryon (Acari: Eriophyidae), presenta un ciclo de vida más corto que al alimentarse con la presa (trips), pues contribuye a reducir el periodo de desarrollo inmaduro y aumenta la tasa de reproducción, respecto a cuando se alimenta únicamente de polen (Park et al., 2011). Son escasas las evaluaciones que han

considerado mayor variación en las dietas suministradas para *A. swirskii* en sistemas de producción comercial bajo invernadero para analizar la reducción de costos que genera, así como el efecto en el establecimiento.

Además, la integración de ácaros, otros depredadores y hongos permite el control de diferentes estados de trips y de otras plagas presentes en el cultivo. Esta combinación puede incrementar el control de trips bajo una relación sinérgica y/o aditiva, pero si se presenta incompatibilidad los programas de manejo pueden no ser exitosos (Zhang et al., 2021). Wu et al. (2017) evaluaron la aplicación de *B. bassiana* seguida de la liberación de *Neoseiulus barkeri* Hughes (Acarina: Phytoseiidae) para manejo de *F. occidentalis* en pepino, y encontraron una reducción de la población del 72 al 75%. También la combinación de *O. laevigatus* (Fieber) (Hemiptera: Anthocoridae), *Metarhizium anisopliae*, *Steinernema carpocapsae* y azadiractina fue evaluada para el control de trips, encontrando niveles de control hasta del 97%. (Otieno et al., 2017). Zhang et al. (2021) también evaluaron la aplicación simultánea de *B. bassiana* con el ácaro depredador *Stratiolaelaps scimitus* (Berlese) (Acari: Mesostigmata) determinando que la combinación de estos controladores genera un control del 86 y 82% de larvas y adultos de *F. occidentalis*, respectivamente, generando un control más alto y consistente respecto a la aplicación individual.

La hipótesis planteada para este estudio fue que el tipo de alimentación suplementaria y la liberación de otros controladores y productos biológicos influyen positivamente en el establecimiento de *A. swirskii* para el cultivo de pimienta.

3.2. REVISIÓN DE LITERATURA

Control biológico. El control biológico corresponde al uso de la población de un organismo para reducir la población de otro. Ha sido usado hace más de 2,000 años, pero la investigación y producción comercial se inició a finales del siglo XIX (van Lenteren et al., 2017). El control biológico es el método de control de plagas más seguro, rentable y benéfico para el medio ambiente, y representa la mejor alternativa al uso de insecticidas químicos (Messing y Brodeur, 2018). Actualmente, alrededor de 30 millones de hectáreas con fines agrícolas incluyen control biológico en los planes de manejo integrado. El mayor productor de controladores biológicos invertebrados es Europa, mientras que, Estados Unidos domina la producción de microorganismos benéficos (van Lenteren et al., 2017). Los invertebrados pertenecen a cuatro grupos taxonómicos: Hymenoptera con 52% de especies, Acari con 13%, Coleoptera con 12%, y heteróptera con 8%. Los parasitoides pertenecientes a Hymenoptera son más específicos que los ácaros depredadores que generalmente tienen un amplio más rango de presas y se producen en masa (van Lenteren, 2012). Para ácaros depredadores, la investigación en fitoséidos se intensificó en Europa en los 90s como respuesta a la invasión de *F. occidentalis* y de nuevos biotipos de *Bemisia tabaci* (Calvo et al., 2015).

Aunque el 80% de los enemigos naturales comerciales se usan en sistemas bajo invernadero, más del 90% de esta industria no usa esta alternativa por falta de confianza en la efectividad del método, por lo tanto, aún predomina el uso de insecticidas (Christiansen et al., 2016). Warner y Getz (2008) reportaron que aún predomina el uso de insecticidas químicos con inversiones de \$7 billones, mientras que, la inversión en el control biológico es de \$340 millones a nivel mundial. Se han reportado aproximadamente 350 especies de enemigos naturales usados a nivel mundial y distribuidos por cerca de 500 productores comerciales. En América Latina, aunque existen

empresas dedicadas a esta actividad, los agricultores pueden producir sus propios insectos benéficos (van Lenteren et al., 2017).

Siendo un método que no involucra contaminación ambiental, pero que aumenta la biodiversidad del paisaje agrícola, el control biológico representa la estrategia de manejo de plagas más sostenible, económica, eficiente y ambientalmente deseable (Bale et al., 2008). Es un método asociado a conceptos como intensificación ecológica referida a la producción de alimentos bajo altos estándares de calidad ambiental (Wezel et al., 2015) e intensificación sostenible, en la cual se espera un incremento en la producción usando menos recursos, con sustitución de insumos químicos por controladores biológicos que permitan desarrollar sistemas agrícolas sin efectos adversos al ambiente (Pretty, 2018).

Amblyseius swirskii. Es uno de los ácaros con mayor capacidad de depredación, descrito por primera vez en el año 1962 en almendro (*Prunus amygdalus*) en Bet Dagan, Israel, en donde su ocurrencia se dio de forma natural en cítricos, pero también, en una amplia variedad de cultivos anuales y perennes, y en otras regiones de África, América y Europa (Calvo et al., 2015). Se ha reportado que *A. swirskii* presenta un amplio rango de presas y otros tipos de alimentos como polen o partes vegetales de las que se puede alimentar, por lo tanto, es considerado como un depredador generalista (Razzak et al., 2019). Este depredador pertenece a la familia Phytoseiidae que incluye características como patas largas y el par delantero apuntando hacia adelante. Son ácaros con pocas setas en la parte posterior del cuerpo. Los huevos tienen forma ovalada, son de color lechoso y son depositados en el envés de las hojas principalmente (Malais y Ravensberg, 2006). Los inmaduros tienen tres pares de patas mientras que las proto y deutoninfas tienen cuatro pares de patas y son similares. Los adultos tienen forma de pera, con 0.5 mm de longitud (Doğramaci et al., 2013). Las condiciones ambientales para *A. swirskii* están entre 18 y 36 °C con 60% de humedad relativa y si las temperaturas no superan los 22°C. El ácaro depredador se puede liberar regularmente por no presentar diapausa (Park et al., 2010).

La liberación de estos ácaros como parte de control biológico, está basada en dos principios: el consumo de un organismo por otro organismo y el control que no implica erradicación, pero sí mantenimiento de un equilibrio natural en el agroecosistema. Aunque el control biológico natural ocurría mucho antes del uso de agroquímicos, la implementación de este método disminuyó drásticamente los insectos benéficos afectando la biodiversidad y generó agricultores químico-dependientes (Malais y Ravensberg, 2006).

Alimento suplementario. Considerado como factor importante para promover el establecimiento de *A. swirskii*. Dentro de las dietas más usadas para ácaros depredadores se encuentra el polen de *Typha angustifolia* L. (Poales: Typhaceae), planta conocida comúnmente como “tatora”, que presenta un contenido nutricional adecuado para fitoséidos, el cual es producido y liberado comercialmente como suplemento para este tipo de ácaros por el contenido de carbohidratos (14.5 %) y proteína (17%) que presenta (Pijnakker et al., 2015; Varpe et al., 2012). Los quistes de artemia salina *Artemia* sp. Kellogg (Anostraca: Artemiidae) como alimento vivo es comercializado como huevos del crustáceo en diapausa usados normalmente para alimentación de peces y mariscos; son considerados como una fuente potencial de alimento para ácaros depredadores con un contenido de proteína entre el 52-55%, contribuyendo a mantener y mejorar la dispersión de la población, además de aumentar la longevidad y reproducción de los depredadores (Vangansbeke et al., 2016).

Un alimento usado para la cría de *A. swirskii* es el ácaro de los frutos secos *Carpoglyphus lactis* (Linnaeus) (Acari: Carpoglyphidae) (Nguyen et al., 2014), el cual es producido de forma comercial para alimentación de ácaros depredadores, los cuales se alimentan de todos los estadios de *C. lactis*. Se ha reportado que *C. lactis* genera mayor reproducción y longevidad de *Amblyseius* spp. respecto a otros alimentos como polen. Incluso reduce el canibalismo que se presenta en ácaros depredadores como *A. herbicolus* (Zhang y Zhang, 2021).

Manejo integrado de *Amblyseius swirskii*. En el capítulo 2, junto al alimento suplementario también se evaluará el efecto de la integración de otros controladores biológicos con liberaciones de *A. swirskii*. Con respecto al manejo de plagas en invernadero, el control biológico aplicado se ha enfocado en la liberación conjunta de depredadores como *Orius* spp., *C. carnea* y ácaros de los géneros fitoséidos. También se han reportado el uso de hongos entomopatógenos como *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, *Isaria fumosorosea*, *Lecanicillium lecanii* (antes *Verticillium*) (Wu et al., 2018).

***Isaria fumosorosea*.** Aunque con pocos reportes, *I. fumosorosea* ha mostrado un nivel de control para trips fitófagos. Arthurs et al. (2013) reportaron niveles de control para *Scirtothrips dorsalis* Hood (Thysanoptera: Thripidae) de 62-66% con aplicaciones de *I. fumosorosea*, un entomopatógeno que presenta distribución cosmopolita, anteriormente conocido como *Paecilomyces fumosoroseus* (Xu et al., 2017). Presenta un amplio rango de hospederos de importancia económica como *D. citri* (Avery et al., 2013; Chow et al., 2018) y *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) (Gao et al., 2017).

***Orius* sp.** Los antocóridos del género *Orius* son depredadores generalistas efectivos de larvas y adultos de trips, y también se alimentan de otras plagas y alimentos alternativos como polen. Son colonizadores de cultivos bajo invernadero donde se reproducen con facilidad ante la disponibilidad de presa o alimento, siendo usados ampliamente en programas de control biológico contra plagas establecidas o invasoras. El alimento suplementario es una herramienta importante para favorecer su establecimiento (Labbé et al., 2018).

***Neoseiulus cucumeris*.** Es un ácaro depredador generalista con múltiples alimentos y plagas por lo que, aunque fue reemplazado por *A. swirskii*, aún son liberados en conjunto como parte de programas de manejo integrado. Dentro del género *Neoseiulus*, *N. cucumeris*, es un ácaro omnívoro generalista, una característica de depredadores que no solamente requieren de una presa para alimentarse, sino que pueden hacerlo de otras fuentes como partes vegetales, esporas de hongos, néctar, residuos de las presas, gotas de miel, polen, e incluso pueden presentar canibalismo. *N. cucumeris* presenta un alto nivel de actividad y es considerado compatible con programas de manejo integrado de plagas (Sarwar, 2016), como depredador de varias especies de trips bajo invernadero en cebolla, flores, pimienta, entre otros cultivos (Kakkar et al., 2016).

***Chrysoperla carnea*.** Es un depredador de áfidos, trips, ácaros fitófagos, moscas blancas, así como lepidópteros (Leppla et al., 2018) con hábito generalista por lo que también puede alimentarse de polen, néctar y melaza de áfidos. Su estado con actividad depredadora es el larval, se desarrolla fácilmente bajo variedad de ambientes y se considera como el depredador más efectivo contra insectos de cuerpo blando debido a su alta capacidad de búsqueda de presa o alimento. Se integra fácilmente a programas de control biológico y al manejo integrado de plagas, por su adaptabilidad a diversidad de dieta y ambientes, compatibilidad con algunos insecticidas químicos, a otros

organismos benéficos y por la facilidad en el proceso de cría en masa para liberaciones comerciales (Alghamdi et al., 2018).

Aceites minerales. Sumado a las liberaciones de biológicos, se pueden incluir otras alternativas a los insecticidas, como aceites minerales hortícolas derivados de parafina y otros subproductos de petróleo, los cuales generan un óptimo control de insectos de cuerpo blando por interferencia en la respiración, en las funciones de las membranas e incluso afectan el comportamiento de los insectos. Estos productos son usados en sistemas de producción orgánica e incluso en sinergia con algunos insecticidas, por no presentar residualidad, siendo seguros para insectos benéficos (Yang et al., 2019).

3.3. MATERIALES Y MÉTODOS

Localización. El estudio se llevó a cabo en la Corporación Dinant, Departamento de Comayagua, Honduras, en una hectárea bajo invernadero de producción de pimiento.

Material biológico y condiciones del estudio. La liberación de *A. swirskii* en pimiento bajo invernadero se realizó en 34,104 plantas, 15 días después del trasplante. El invernadero contaba con 98 camas y 348 plantas por cama; en cada cama las plantas estaban dispuestas de forma individual en bolsas con sustrato. Los depredadores *A. swirskii*, *O. insidiosus*, y *C. carnea*, así como el alimento *C. lactis* fueron obtenidos en Koppert Biological Systems B.V. El hongo entomopatógeno *I. fumosorosea* y el ácaro depredador *N. cucumeris* fueron obtenidos del Laboratorio de Control Biológico. El alimento Artemia se adquirió en la empresa Prilacento de Honduras.

Diseño experimental. Se utilizó un diseño completamente aleatorizado (DCA) con arreglo factorial con dos factores, la liberación de *A. swirskii* con dieta suplementaria de quistes de *Artemia* sp. y *Carpoglyphus lactis* (L.) (Carpoglyphidae), y la liberación-aplicación de productos biológicos acompañantes, los cuales incluyeron *O. insidiosus*, *N. cucumeris*, *C. carnea*, *I. fumosorosea* y el aceite mineral Stylet Oil, con un total de 20 tratamientos (Cuadro 1).

Se realizaron tres repeticiones para 60 unidades experimentales, con 180 plantas y 52.8 m² cada una para un total de 540 plantas por tratamiento. Cada unidad experimental se encontraba separada de las unidades contiguas por tres plantas y dos camas.

Los depredadores y el alimento fueron liberados de forma manual. El hongo entomopatógeno se aplicó con bomba de espalda. Las dosis de liberación para cada producto, así como el número y fechas de liberación se encuentran en el Cuadro 2. Las condiciones ambientales fueron obtenidas de satélite en el software CropMonitoring.

Muestreo. Se realizó un monitoreo con frecuencia semanal por tres meses, por medio de observación visual de las poblaciones de trips, *A. swirskii*, otras plagas y depredadores presentes, a partir de la observación en dos hojas de los tercios bajo, medio y alto, así como en flores, considerando que las poblaciones de trips tienen preferencia por yemas terminales y flores de pimiento (Arthurs et al., 2009). La unidad observacional consistió en seis plantas por punto de monitoreo, se establecieron 60 puntos de monitoreo, uno en cada repetición.

Cuadro 1. Tratamientos evaluados para el establecimiento y efectividad de *Amblyseius swirskii* liberado en el cultivo de pimiento (*Capsicum annuum*). Valle de Comayagua, Honduras, 2021.

No.	Controlador acompañante	Alimento
1	<i>Amblyseius swirskii</i>	Quistes de artemia
2		<i>Carpoglyphus lactis</i>
3		Artemia + <i>Carpoglyphus lactis</i>
4		Sin dieta
5	<i>Amblyseius swirskii</i> - <i>Chrysoperla carnea</i>	Quistes de artemia
6		<i>Carpoglyphus lactis</i>
7		Artemia + <i>Carpoglyphus lactis</i>
8		Sin dieta
9	<i>Amblyseius swirskii</i> - <i>Orius insidiosus</i> / <i>Neoseiulus cucumeris</i>	Quistes de artemia
10		<i>Carpoglyphus lactis</i>
11		Artemia + <i>Carpoglyphus lactis</i>
12		Sin dieta
13	<i>Amblyseius swirskii</i> - <i>Isaria fumosorosea</i>	Quistes de artemia
14		<i>Carpoglyphus lactis</i>
15		Artemia + <i>Carpoglyphus lactis</i>
16		Sin dieta
17	<i>Amblyseius swirskii</i> - Stylet Oil	Quistes de artemia
18		<i>Carpoglyphus lactis</i>
19		Artemia + <i>Carpoglyphus lactis</i>
20		Sin dieta

Cuadro 2. Dosis y fechas de liberación de los productos aplicados en la evaluación para el establecimiento de *Amblyseius swirskii* en el cultivo de pimiento (*Capsicum annuum*). Valle de Comayagua, Honduras, 2021.

Producto	Dosis	Fechas de liberación		
<i>Amblyseius swirskii</i>	90/m ²	26-ago		
<i>Neoseiulus cucumeris</i>	100/m ²	21-sep	25-oct	
<i>Orius insidiosus</i>	0.5/m ²	26-ago		
<i>Chrysoperla carnea</i>	0.2 /m ² -0.5 /m ²	26-ago	21-sep	25-oct
<i>Isaria fumosorosea</i>	1x10 ¹² b/ha	31-ago	25-oct	
Stylet Oil	1 L/ha	31-ago	25-oct	
Artemia	0.04 g /m ²	28-sep		
<i>Carpoglyphus latis</i>	1000 /m ²	28-sep		

Análisis de datos. La variable evaluada fue la dinámica poblacional medida como número de depredadores y plagas presentes, en un diseño completamente al azar (DCA) en arreglo factorial. Se realizó un ANDEVA y una comparación de medias ajustadas con el método de cuadrados mínimos (LSmeans) para determinar el efecto de la alimentación suplementaria y los productos

biológicos acompañantes en el campo, en el establecimiento y efectividad de control de *A. swirskii*. Estos análisis se realizaron usando el software estadístico “Statistical Analysis System (SAS versión 9.4®).

3.4. RESULTADOS

Efecto del alimento suplementario y los biológicos acompañantes. Se encontró que el factor biológico acompañante no tuvo efecto significativo en las variables evaluadas, y que la interacción entre los factores evaluados tampoco fue significativa. La actividad del depredador *O. insidiosus* se detectó hasta 53 días después de su liberación y *C. carnea* 64 días después de la liberación con valores máximos de 0.57 y 0.03 individuos/m² respectivamente. El alimento suplementario evidencia efecto significativo en la variable huevos de *A. swirskii* (P= 0.0043), larvas de trips (P= 0.0003) y adultos de trips (P<0.0001), pero no en la variable huevos de *A. swirskii* (P=0.1058). (Cuadro 3).

Cuadro 3. Efecto de alimento suplementario en la dinámica poblacional de *Amblyseius swirskii* y trips por m² en el cultivo de pimiento (*Capsicum annum*). Valle de Comayagua, Honduras, 2021.

Alimento	<i>Amblyseius swirskii</i>		Trips	
	Huevos	Móviles	Larvas	Adultos
Artemia	27.51 a ^Ω	15.97	0.01 b	4.45 b
<i>C. lactis</i> ^α	27.25 a	15.44	0.00 b	6.05 a
Artemia + <i>C. lactis</i>	24.61 b	17.79	0.08 a	4.77 b
Sin alimento	26.33 ab	16.32	0.03 b	6.26 a
Pr>F	0.00	0.11	0.00	0.00
R²	0.95	0.88	0.53	0.86
CV	10.25	10.68	0.71	9.01

^Ω. Valores en cada columna con letras diferentes son estadísticamente diferentes (P<0.05)

^α *Carpoglyphus lactis*.

Dinámica poblacional de móviles de *Amblyseius swirskii*. El factor alimento no presentó efecto en los móviles del ácaro depredador. Sin embargo, el tiempo (P<.0001) tuvo efecto en la dinámica poblacional de este estado. Realizar un análisis en el tiempo permite identificar que después de la liberación del alimento, realizada a los 28 DDL, el aumento en el número de móviles, desde el día 29 DDL hasta los 36 DDL, fue mayor para la combinación de alimentos con un incremento de 30 individuos, mientras los demás tratamientos presentaron incrementos de 7 a 14 móviles de *A. swirskii* (Cuadro 4).

Dinámica poblacional de inmaduros de trips. El número de inmaduros o larvas de trips, con predominancia de la especie *F. schultzei* (Trybom) (Thysanoptera : thripidae) conocido como trips común de las flores o del algodón, e identificado por el Laboratorio de Entomología de la Universidad Zamorano, fueron influenciadas por el alimento suplementario (P= 0.0003) y por el

tiempo de evaluación ($P < 0.0001$), pero no por el biológico acompañante. Las diferencias significativas en esta variable solamente se encontraron a los 29 y 36 DDL con los mayores valores para el tratamiento control y combinación, respectivamente (Cuadro 5). En general, a lo largo de la evaluación no fueron fácilmente observables larvas de trips, y los promedios fueron variables.

Cuadro 4. Efecto de alimentación suplementaria en el número promedio de móviles de *Amblyseius swirskii* por m² liberados en el cultivo de pimiento (*Capsicum annuum*). Valle de Comayagua, Honduras, 2021.

Alimento	Días después de liberación								Media
	8	15	22	29	36	46	53	71	
Artemia	0.57	2.72	4.84 ab ^Ω	14.13 a	21.53 b	21.27 b	34.00 b	9.48	15.97
<i>C. lactis</i>	0.15	1.78	5.06 a	7.22 b	21.87 b	32.30 a	21.50 c	11.11	15.44
Combinación	0.46	1.28	3.14 b	8.16 b	37.48 a	21.65 b	46.54 a	7.37	17.79
Sin alimento	0.26	1.17	4.68 ab	13.26 a	23.46 b	23.95 b	31.13 b	10.43	16.32
Pr>F	0.39	0.12	0.04	0	0	0	0	0.24	0.11
R ²	0.2	0.27	0.32	0.41	0.63	0.39	0.6	0.23	0.88
CV	128.6	77.6	51.1	48.2	23.9	31.5	29.9	40.3	10.68

^Ω Valores en cada columna con letras diferentes son estadísticamente diferentes ($P < 0.05$)

Cuadro 5. Efecto de alimentación suplementaria en el número promedio de inmaduros de trips por m² liberados en el cultivo de pimiento (*Capsicum annuum*). Valle de Comayagua, Honduras, 2021.

Alimento	Días después de liberación							Media
	8	15	22	29	36	53	71	
Artemia	3.16	3.17	3.16	3.16 b ^Ω	3.16 b	3.16	3.16	3.16 b
<i>C. lactis</i>	3.16	3.16	3.16	3.16 b	3.16 b	3.16	3.16	3.16 b
Combinación	3.16	3.16	3.16	3.16 b	3.25 a	3.18	3.16	3.17 a
Sin alimento	3.18	3.16	3.17	3.18 a	3.16 b	3.16	3.16	3.17 ab
Pr>F	0.43	0.21	0.43	0.01	0.00	0.14	0.43	0.00
R ²	0.08	0.12	0.08	0.23	0.44	0.14	0.08	0.08
CV	1.06	0.50	0.37	0.81	1.67	1.08	0.37	0.90

^Ω Valores en cada columna con letras diferentes son estadísticamente diferentes ($P < 0.05$)

Dinámica poblacional de adultos de trips. El alimento suplementario evaluado presentó un efecto significativo en la población de *F. schultzei* ($P < 0.0001$) y por el tiempo después de la liberación ($P < 0.0001$). A los 8, 15 y 22 DDL no se presentaron diferencias significativas entre tratamientos para esta variable porque no hubo presencia de trips. Después de la liberación del alimento, la población de adultos de trips fue altamente variable, sin embargo, el menor promedio de este estado de la plaga se encontró en los tratamientos artemia y combinación de alimentos (Cuadro 6).

Cuadro 6. Efecto de alimentación suplementaria en el número promedio de adultos de trips por m² liberados en el cultivo de pimiento (*Capsicum annuum*). Valle de Comayagua, Honduras, 2021.

Alimento	Días después de liberación							Media
	29	36	46	53	57	64	71	
Artemia	3.36 a ^Ω	3.49	4.04 b	5.08 ab	3.85 d	3.82 b	4.24 b	3.74 b
<i>C. lactis</i>	3.25 cb	3.60	4.27 ab	5.08 ab	4.81 b	4.01 b	4.65 a	3.92 a
Combinación	3.31 ab	3.33	4.33 ab	4.73 b	4.38 c	4.34 a	3.84 c	3.77 b
Sin alimento	3.20 c	3.33	4.55 a	5.49 a	5.62 a	4.00 b	3.44 d	3.91 a
Pr>F	0.00	0.04	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00
R²	0.29	0.19	0.30	0.23	0.77	0.24	0.54	0.68
CV	4.25	10.06	11.89	13.36	8.96	9.60	11.25	12.26

^Ω Valores en cada columna con letras diferentes son estadísticamente diferentes (P<0.05)

Costos. La artemia presenta un costo mayor respecto a *C. lactis* (Cuadro 7), sin considerar el proceso adicional que requiere de mano de obra para decapsular los cistos o huevos, lo cual incrementara el valor en función de la cantidad de alimento a preparar.

Cuadro 7. Costos de alimentos suplementarios en US \$ aportados en campo para establecimiento de *Amblyseius swirskii* en el cultivo de pimiento (*Capsicum annuum*). Valle de Comayagua, Honduras, 2021.

Alimento	Unidad comercial	Costo	Dosis / ha	Costo / ha
Artemia sin decapsular	kg	648.03	0.04 g / m ²	94
<i>C. lactis</i>	bote × 2 millones	18.8	1000 / m ²	37

Influencia de variables climáticas. La variable huevos de *A. swirskii* presenta una relación baja positiva con los móviles de la misma especie, mientras con trips no se presentó ninguna relación. Los huevos del depredador presentaron una relación negativa con la humedad relativa, pero con temperatura la relación fue positiva. Los móviles del depredador presentaron una relación positiva con los móviles de trips, indicando que las dos poblaciones se incrementan al mismo tiempo. Con las condiciones climáticas, los móviles de *A. swirskii* presentaron una relación negativa con la temperatura y la humedad relativa (Cuadro 8).

Cuadro 8. Correlación de Pearson entre población de *Amblyseius swirskii* y trips con variables climáticas en el cultivo de pimiento (*Capsicum annuum*). Valle de Comayagua, Honduras, 2021.

VARIABLES	Huevos de <i>A. swirskii</i>	Adultos de <i>A. swirskii</i>	Trips	Temperatura	Humedad Relativa
Huevos de <i>A. swirskii</i>	-				
Adultos de <i>A. swirskii</i>	0.396***	-			
Trips	0.01148 ^{ns}	0.575***	-		
Temperatura	0.473***	-0.348***	-0.589***	-	
Humedad Relativa	-0.779***	-0.275***	0.034 ^{ns}	-0.524***	-

***: significativo (P<0.05)

^{ns}: no significativo(P<0.05)

3.5. DISCUSIÓN

Efecto del alimento suplementario y los biológicos acompañantes. Se ha reportado ampliamente el uso de alimento suplementario para ácaros depredadores como estrategia de establecimiento. En esta evaluación se encontró un efecto significativo del uso de alimento con diferencias entre días de evaluación, pero sin diferencias en el promedio de móviles de *A. swirskii* y trips. Vangansbeke et al. (2016) reportaron que dos semanas después de la liberación de *A. swirskii* en crisantemo, en tratamientos sin alimentación suplementaria no se encontraron ácaros; contrario a lo encontrado en este estudio en el que la población del mismo depredador presentó en crecimiento exponencial desde el inicio de la evaluación, posiblemente debido al suministro de polen de pimiento, que fue un alimento constante tanto para los depredadores como para trips, también por la presencia de otras plagas como *P. latus* y *T. vaporariorum* y el alimento disponible en el sustrato de liberación.

Respecto al factor biológico acompañante, este no presentó diferencias significativas en la dinámica poblacional de *A. swirskii* y trips, y no fueron detectados con facilidad en campo, con algunas observaciones al final de la evaluación. Esto fue reportado por Mena et al. (2020), donde al liberar ácaros fitoséidos junto a *C. carnea* para control de *T. urticae* en papaya detectaron la presencia de estos depredadores en bajas proporciones, en uno sólo de los tratamientos y al final de la evaluación, lo cual puede deberse a la capacidad de movimiento y dispersión ya sea caminando entre hojas y plantas o por vuelo; a bajas tasas de liberación o niveles de infestación de la plaga muy altos, periodos de almacenamiento prolongados y falta de aclimatación previo a la liberación.

Contrario a esto Bouagga et al. (2018) reportaron que al liberar *O. laevigatus* junto a *A. swirskii* en pimiento permitió observar actividad constante de ambos depredadores y que a pesar de la ausencia de presa y alimento el chinche no presentó depredación intregremial contra *A. swirskii*. En este estudio, después de la liberación de los acompañantes tampoco se redujo la población del ácaro depredador, por el contrario, huevos y adultos incrementaron. Los autores reportan que *O.*

laevigatus requiere de una fuente de proteína aportada por alimento suplementario o por presa, que en el presente estudio estuvieron ausentes un mes después de su liberación lo cual pudo afectar su establecimiento, detección y capacidad de depredación. También sugieren que el aporte de alimento con alto valor nutricional genera una mayor competencia y depredación intragremial entre depredadores como *Orius* spp. y *A. swirskii*, sin embargo, no se observó esta relación. Esto pudo deberse a la disponibilidad de variedad de alimentos suplementarios y otras plagas presentes en el cultivo; a las áreas de la planta donde se distribuyen los depredadores, ya que *A. swirskii* se localiza en las nervaduras del envés principalmente, mientras *O. insidiosus* se presenta con mayor frecuencia en flores. También se ha reportado que *A. swirskii* es capaz de sobrevivir en plantas de pimiento hasta 7 semanas sin presencia de presa (Bouagga et al., 2018).

En cuanto a la liberación de *N. cucumeris*, aunque se ha reportado que *A. swirskii* es un depredador intragremial de este ácaro, es un buen complemento para reducir las poblaciones de trips en estados inmaduros y puede contribuir al establecimiento de otros depredadores como *Orius* spp. (Calvo et al., 2012). El aceite mineral usado como otro acompañante a la liberación de *A. swirskii*, aunque ha sido reportado como parte de manejo integrado de plagas contra insectos de cuerpo blando, hongos y virus (Yang et al., 2019), no presentó diferencias significativas con los demás acompañantes pero se pudo observar en campo que tuvo un efecto importante en la protección del fruto de pimiento, pues generó una cubierta sobre este que impidió el raspado por trips permitiendo una cosecha de frutos sin daño (W.P. Villamarín, Observación personal). Ni el aceite mineral ni el hongo aplicado mostraron incompatibilidad con *A. swirskii*, lo cual indica que se pueden liberar juntos como parte del manejo integrado de plagas sin afectar la sobrevivencia de ninguno de los controladores. Similar a esto, Wu et al. (2015) encontraron que al liberar conjuntamente *B. bassiana* con *N. barkeri* incrementa el nivel de control para *F. occidentalis*, ya que trips infectados con el hongo eran más susceptibles a la depredación sin generar efecto negativo en el ácaro depredador.

Dinámica poblacional de *Amblyseius swirskii*. En general no se encontraron diferencias entre el alimento suministrado y el tratamiento control en la población de *A. swirskii*. Vangansbeke et al. (2016) encontraron que artemia no es un alimento que contribuya al establecimiento de *A. swirskii* en campo y tampoco en laboratorio bajo condiciones de cría, pues no permite mantener más de dos generaciones, debido a que la variación de temperaturas en condiciones de invernadero genera también alternancia en la humedad relativa ambiental lo cual influye en la hidratación de los huevos decapsulados de artemia. Los autores reportaron que las altas temperaturas pueden generar deshidratación de estos huevos lo cual dificulta la extracción de nutrientes por parte de los depredadores, esto puede explicar que no haya diferencias estadísticas entre este tratamiento y los demás para la variable móviles. También ciclos de hidratación y deshidratación de la artemia en condiciones ambientales variables reducen el contenido energético y nutritivo de este alimento. A pesar de estos reportes, y de no encontrar un efecto del alimento para móviles de *A. swirskii*, un análisis en el tiempo (Cuadro 4), permitió evidenciar que después de la liberación de artemia junto a *C. lactis* la población en este estado aumentó en 30 individuos, lo cual indica que artemia es un alimento promisorio para este depredador siempre que se use con otro complemento nutricional.

También se ha reportado que el efecto de artemia es contexto y especie dependiente. El depredador *O. insidiosus* no es capaz de completar el desarrollo ninfal al alimentarse de quistes de artemia con procesos de deshidratación y rehidratación, mientras *O. thripoborus* y *O. naivashae*

si aprovechan la absorción de humedad ambiental por parte de artemia para obtener nutrientes de este alimento (Labbé et al., 2018), situación que no aplica para *A. swirskii*.

Respecto al aporte de *C. lactis*, no se presentaron diferencias en la dinámica poblacional de huevos y móviles de *A. swirskii*. Zhang y Zhang (2021) encontraron que el aporte de *C. lactis* para *A. herbicolus* incrementó la oviposición del depredador y la tasa de sobrevivencia, lo cual indica que su efecto depende de la especie. *C. lactis* presenta como ventaja la poca afectación por condiciones como humedad.

Esta característica de los alimentos suplementarios, de perder o no la calidad en campo en función de variables climáticas es fundamental, debido a que determinará también el canibalismo, pues ante la ausencia de alimento de calidad las hembras del depredador se alimentan de los huevos para adquirir nutrientes afectando dramáticamente el crecimiento poblacional al buscar alimento entrando en contacto intraespecífico. Cuando se aporta alimento de calidad, pero además este alimento mantiene dicha calidad el canibalismo se reduce. Cuando hay más controladores biológicos presentes, el aporte de una dieta de calidad también contribuye a reducir la depredación intragremio (Marcossi et al., 2020). Otro criterio importante para elegir el alimento suplementario es el costo. El costo de los alimentos usados en la presente es mayor para artemia que para *C. lactis* (Cuadro 6), además Vangansbeke et al. (2016) reportan que los costos asociados a artemia incluyen variación en los precios por fluctuación en la calidad y cantidad del material óptimo disponible para la venta; mientras la producción de *C. lactis* permanece constante.

Correlaciones e influencia de variables climáticas. Se encontró una relación positiva entre móviles de *A. swirskii* y de *F. shultzei*. Se esperaría que un incremento en depredadores presente una relación alta negativa con la presa representando consumo, sin embargo, a partir del dilema “Milker-Killer” explicado por Revynthi et al. (2018), existen dos estrategias de dispersión en depredadores fitoséidos. Los “Killer” se dispersan una vez erradican a la población presa, mientras que los “Milker” se dispersan antes de exterminar a la presa y presentan una relación con esta en la que permiten determinado crecimiento de la plaga a un nivel que incremente el alimento disponible para consumir logrando al final un incremento considerable de la población de depredadores. Esta estrategia permite a los depredadores una mayor persistencia, y en este caso contribuye al establecimiento.

En cuanto a la correlación entre poblaciones y variables climáticas, se encontró una relación negativa entre *A. swirskii* y humedad relativa. Aunque la humedad relativa ambiental determina el éxito de la liberación y establecimiento, San et al. (2021) encontraron que valores de esta variable mayores a 53% incrementan la sobrevivencia, desarrollo y fecundidad en respuesta a la disponibilidad de agua más no a los cambios en humedad relativa. La temperatura presentó relación positiva con la población de huevos y negativa para móviles de *A. swirskii*. De acuerdo con Al-Azzazy y Alhewairini (2020), la mayor oviposición se alcanza con temperaturas alrededor de 30°C, así como un periodo de desarrollo más corto para todo el ciclo de vida. Este desarrollo más rápido no implica necesariamente que todos los huevos eclosionen, ni que todas las ninfas lleguen a estado adulto, por lo tanto, puede existir un factor extra que genere la relación negativa entre móviles del depredador y la temperatura.

3.6. CONCLUSIONES

Los hallazgos encontrados indican que el aporte de los alimentos suplementarios artemia y *C. lactis* presentan un efecto significativo en huevos de *A. swirskii* liberados de forma individual pero que su combinación favorece el aumento de móviles. Aunque existen reportes de que artemia es afectada por las condiciones ambientales bajo invernadero, se debe evaluar su efectividad cuando es liberada junto a otros alimentos alternativos. Se deben considerar los costos de preparación, ya que artemia requiere procesos adicionales para decapsular los cistos, lo cual incrementa los costos en mano de obra de acuerdo con la cantidad de alimento a preparar. En cuanto a *C. lactis* no se encontró un efecto significativo en la dinámica poblacional del ácaro depredador ni diferencias respecto al tratamiento control.

Para el uso de otros biológicos acompañantes, aunque no se encontraron diferencias significativas, se debe considerar la liberación de *A. swirskii* en integración con otros benéficos. Se recomienda evaluar dosis de liberación de insectos como *O. insidiosus* y *C. carnea* para asegurar un óptimo establecimiento, así como el uso de otros alimentos como polen para garantizar el establecimiento de estos y otros depredadores como *A. swirskii*.

3.7. REFERENCIAS

- Al-Azzazy, M. M. y Alhewairini, S. S. (2020). Effect of temperature and humidity on development, reproduction, and predation rate of *Amblyseius swirskii* (Phytoseiidae) fed on *Phyllocoptruta oleivora* (Eriophyidae) and *Eutetranychus orientalis* (Tetranychidae). *International Journal of Acarology*, 46(5), 304–312. <https://doi.org/10.1080/01647954.2020.1773922>
- Arthurs, S., McKenzie, C. L., Chen, J., Dogramaci, M., Brennan, M., Houben, K. y Osborne, L. (2009). Evaluation of *Neoseiulus cucumeris* and *Amblyseius swirskii* (Acari: Phytoseiidae) as biological control agents of chilli thrips, *Scirtothrips dorsalis* (Thysanoptera: Thripidae) on pepper. *Biological Control*, 49(1), 91–96. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2009.01.002>
- Bouagga, S., Urbaneja, A. y Pérez-Hedo, M. (2018). Combined Use of Predatory Mirids With *Amblyseius swirskii* (Acari: Phytoseiidae) to Enhance Pest Management in Sweet Pepper. *Journal of Economic Entomology*, 111(3), 1112–1120. <https://doi.org/10.1093/jee/toy072>
- Calvo, F. J., Bolckmans, K. y Belda, J. E. (2012). Biological control-based IPM in sweet pepper greenhouses using *Amblyseius swirskii* (Acari: Phytoseiidae). *Biocontrol Science and Technology*, 22(12), 1398–1416. <https://doi.org/10.1080/09583157.2012.731494>

- Labbé, R. M., Gagnier, D., Kostic, A. y Shipp, L. (2018). The function of supplemental foods for improved crop establishment of generalist predators *Orius insidiosus* and *Dicyphus hesperus*. *Scientific Reports*, 8(1), 17790. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-36100-0>
- Marcossi, Í., Fonseca, M. M., Carbajal, P. A. F., Cardoso, A., Pallini, A. y Janssen, A. (2020). High-quality alternative food reduces cannibalism in the predatory mite *Amblyseius herbicolus* (Acari: Phytoseiidae). *Experimental & Applied Acarology*, 81(2), 189–200. <https://doi.org/10.1007/s10493-020-00500-7>
- Mena, Y. M., Mesa, N. C., Escobar, A. y Pérez, S. (2020). Evaluation of Phytoseiidae mites and *Chrysoperla carnea* (Stephens) on the control of *Tetranychus urticae* in *Carica papaya* L. *Agronomía Colombiana*, 38(1), 101–109. <https://doi.org/10.15446/agron.colomb.v38n1.73271>
- Messelink, G. J., Bennison, J., Alomar, O., Ingegno, B. L., Tavella, L., Shipp, L., Palevsky, E. y Wäckers, F. L. (2014). Approaches to conserving natural enemy populations in greenhouse crops: current methods and future prospects. *BioControl*, 59(4), 377–393. <https://doi.org/10.1007/s10526-014-9579-6>
- Otieno, J. A., Pallmann, P. y Poehling, H.-M. (2017). Additive and synergistic interactions amongst *Orius laevigatus* (Heteroptera: Anthocoridae), entomopathogens and azadirachtin for controlling western flower thrips (Thysanoptera: Thripidae). *BioControl*, 62(1), 85–95. <https://doi.org/10.1007/s10526-016-9767-7>
- Park, H.-H., Shipp, L., Buitenhuis, R. y Ahn, J. J. (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. <https://doi.org/10.1016/j.aspen.2011.07.010>
- Revynti, A. M., Egas, M., Janssen, A. y Sabelis, M. W. (2018). Prey exploitation and dispersal strategies vary among natural populations of a predatory mite. *Ecology and Evolution*, 8(21), 10384–10394. <https://doi.org/10.1002/ece3.4446>
- San, P. P., Tuda, M. y Takagi, M. (2021). Impact of relative humidity and water availability on the life history of the predatory mite *Amblyseius swirskii*. *BioControl*, 66(4), 497–510. <https://doi.org/10.1007/s10526-021-10081-y>
- Vangansbeke, D., Nguyen, D., Audenaert, J., Gobin, B., Tirry, L. y Clercq, P. (2016). Establishment of *Amblyseius swirskii* in greenhouse crops using food supplements. *Systematic and Applied Acarology*, 21(9). <https://doi.org/10.11158/saa.21.9.2>
- Wu, S., He, Z., Wang, E., Xu, X. y Lei, Z. (2017). Application of *Beauveria bassiana* and *Neoseiulus barkeri* for improved control of *Frankliniella occidentalis* in greenhouse cucumber. *Crop Protection*, 96, 83–87. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2017.01.013>
- Wu, S.-Y., GAO, Y.-I., XU, X.-n., Goettel, M. S. y LEI, Z.-r. (2015). Compatibility of *Beauveria bassiana* with *Neoseiulus barkeri* for Control of *Frankliniella occidentalis*. *Journal of Integrative Agriculture*, 14(1), 98–105. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(13\)60731-5](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(13)60731-5)
- Yang, Q., Arthurs, S., Lu, Z., Liang, Z. y Mao, R. (2019). Use of horticultural mineral oils to control potato virus Y (PVY) and other non-persistent aphid-vectoring viruses. *Crop Protection*, 118(168), 97–103. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2019.01.003>

- Zhang, K. y Zhang, Z.-Q. (2021). The dried fruit mite *Carpoglyphus lactis* (Acari: Carpoglyphidae) is a suitable alternative prey for *Amblyseius herbicolus* (Acari: Phytoseiidae). *Systematic and Applied Acarology*. Publicación en línea avanzada. <https://doi.org/10.11158/saa.26.11.15>
- Zhang, X., Wu, S., Reitz, S. R. y Gao, Y. (2021). Simultaneous application of entomopathogenic *Beauveria bassiana* granules and predatory mites *Stratiolaelaps scimitus* for control of western flower thrips, *Frankliniella occidentalis*. *Journal of Pest Science*, 94(1), 119–127. <https://doi.org/10.1007/s10340-020-01227-5>

4. CAPÍTULO 3: Determinación de las condiciones de almacenamiento de *Amblyseius swirskii*

Resumen. El control biológico implica garantizar un suministro de insectos y ácaros benéficos de calidad cuando hay alta demanda, así como óptimas medidas de conservación cuando se presenta baja producción. Adicionalmente el transporte entre fábrica y punto de liberación implica prolongados tiempos de almacenamiento que pueden generar pérdidas del material sin un manejo adecuado. En consecuencia, el almacenamiento es un proceso fundamental que determinará el desempeño en campo de los controladores biológicos. En este estudio se evaluaron cuatro temperaturas de almacenamiento: 4°C, 10°C, 25°C y 30°C; así como dos empaques comerciales: bote y bolsa de papel, para unidades de 50000 ácaros. Se realizó un diseño factorial con cuatro repeticiones y ocho días de evaluación. Las variables evaluadas fueron huevos, inmaduros, adultos y muertos del ácaro, así como humedad del sustrato. Se encontró que el tratamiento que mantuvo un mayor número promedio de ácaros fue bote a 33°C. Para adultos el mejor tratamiento fue bote a 25°C y 33°C; para huevos bolsa a 4°C; para inmaduros no se presentaron diferencias significativas; y la menor mortalidad se presentó en bote a 4°C y 33°C. Estos resultados estuvieron influenciados por la humedad del sustrato, que presentó mayor variación en el empaque de bote. Respecto a las temperaturas evaluadas, la menor reducción en humedad se presentó a 33°C y 10°C. Altas temperaturas y bote favorece estados móviles, mientras bajas temperaturas y menos variación en humedad favorece oviposición, por lo tanto, la temperatura y empaque de almacenamiento se deben seleccionar en función del estado de preferencia.

4.1. INTRODUCCIÓN

Las condiciones durante el almacenamiento y transporte de los ácaros en empaques comerciales, dadas por la temperatura y el tiempo, determinan la capacidad de depredación y especialmente la sobrevivencia y oviposición en campo. En la fábrica, las condiciones óptimas de almacenamiento son cruciales para mantener un suministro constante de estos organismos y aumentar la vida en anaquel cuando se presentan periodos de alta producción y baja demanda (Kim et al., 2001). Durante el transporte entre la fábrica y el punto de liberación, la temperatura y el tiempo son factores cruciales que determinarán la capacidad de depredación, oviposición y supervivencia en campo, que son evaluados posterior a la recepción como parte del control de calidad (Lopez y Smith, 2016).

Uno de los factores abióticos que determina la sobrevivencia durante el almacenamiento es la temperatura, la cual debe ser claramente establecida en protocolos de almacenamiento, especificando la menor temperatura requerida para el desarrollo de los organismos. Las temperaturas de almacenamiento deben ser establecidas a partir del balance entre la reducción del metabolismo y el daño acumulado por el frío. Las temperaturas muy altas pueden inducir eclosiones indeseables en almacenamiento (Colinet y Boivin, 2011), y las bajas temperaturas

reducen la actividad metabólica incrementando la vida en anaquel. Sin embargo, bajo esta condición se deben evitar las lesiones por frío y desecación (Ghazy et al., 2016).

Para ácaros fitoséidos, al ser poiquilotérmicos, la temperatura ambiental es determinante de su temperatura corporal. Temperaturas alejadas del umbral provocan un estrés que puede ser irreversible y mortal, sin embargo, algunas especies pueden presentar estrategias de adaptación como hibernación y diapausa al detectar una condición de estrés previamente a que esta suceda (Ghazy et al., 2016).

Las temperaturas bajas y el periodo de exposición integran el concepto de “dosis de exposición al frío”. Cuando la temperatura baja y la exposición aumenta, la dosis de exposición al frío también aumenta. Si esta dosis supera el umbral de la especie, el daño generado por el frío será progresivo hasta llegar a ser letal, lo cual sugiere que la interacción temperatura-tiempo determina la tasa de mortalidad (Colinet y Boivin, 2011). El choque térmico, generado por la tasa de cambio de la temperatura también puede influir en la sobrevivencia de los insectos y ácaros a bajas temperaturas, lo cual es específico. Aunque la reducción gradual de la temperatura pareciera ideal, existen especies como *Drosophila melanogaster* que muestran una mayor adaptación y sobrevivencia al final del almacenamiento en bajas temperaturas, cuando son expuestas directamente al frío que cuando el cambio de temperatura se realiza de forma progresiva (Colinet y Boivin, 2011).

En la actualidad, no está claramente definida la temperatura en la que *A. swirskii* puede ser almacenado por más tiempo sin reducir sus parámetros de calidad como oviposición, sobrevivencia y depredación, por ende, en el estudio se planteó la hipótesis de que existe una temperatura y un periodo de tiempo específico que no afecta los parámetros de calidad del ácaro depredador *A. swirskii*.

4.2. REVISIÓN DE LITERATURA

Control biológico. El control biológico corresponde al uso de la población de un organismo para reducir la población de otro. Ha sido usado hace más de 2,000 años, pero la investigación y producción comercial se inició a finales del siglo XIX (van Lenteren et al., 2017). El control biológico es el método de control de plagas más seguro, rentable y benéfico para el medio ambiente, y representa la mejor alternativa al uso de insecticidas químicos (Messing y Brodeur, 2018). Actualmente, alrededor de 30 millones de hectáreas con fines agrícolas incluyen control biológico en los planes de manejo integrado. El mayor productor de controladores biológicos invertebrados es Europa, mientras que, Estados Unidos domina la producción de microorganismos benéficos (van Lenteren et al., 2017). Los invertebrados pertenecen a cuatro grupos taxonómicos: Hymenoptera con 52% de especies, Acari con 13%, Coleoptera con 12%, y heteróptera con 8%. Los parasitoides pertenecientes a Hymenoptera son más específicos que los ácaros depredadores que generalmente tienen un amplio más rango de presas y se producen en masa (van Lenteren, 2012). Para ácaros depredadores, la investigación en fitoséidos se intensificó en Europa en los 90s como respuesta a la invasión de *F. occidentalis* y de nuevos biotipos de *Bemisia tabaci* (Calvo et al., 2015).

Aunque el 80% de los enemigos naturales comerciales se usan en sistemas bajo invernadero, más del 90% de esta industria no usa esta alternativa por falta de confianza en la efectividad del

método, por lo tanto, aún predomina el uso de insecticidas (Christiansen et al., 2016). Warner y Getz (2008) reportaron que aún predomina el uso de insecticidas químicos con inversiones de \$7 billones, mientras que, la inversión en el control biológico es de \$340 millones a nivel mundial. Se han reportado aproximadamente 350 especies de enemigos naturales usados a nivel mundial y distribuidos por cerca de 500 productores comerciales. En América Latina, aunque existen empresas dedicadas a esta actividad, los agricultores pueden producir sus propios insectos benéficos (van Lenteren et al., 2017).

Siendo un método que no involucra contaminación ambiental, pero que aumenta la biodiversidad del paisaje agrícola, el control biológico representa la estrategia de manejo de plagas más sostenible, económica, eficiente y ambientalmente deseable (Bale et al., 2008). Es un método asociado a conceptos como intensificación ecológica referida a la producción de alimentos bajo altos estándares de calidad ambiental (Wezel et al., 2015) e intensificación sostenible, en la cual se espera un incremento en la producción usando menos recursos, con sustitución de insumos químicos por controladores biológicos que permitan desarrollar sistemas agrícolas sin efectos adversos al ambiente (Pretty, 2018).

Amblyseius swirskii. Es uno de los ácaros con mayor capacidad de depredación, descrito por primera vez en el año 1962 en almendro (*Prunus amygdalus*) en Bet Dagan, Israel, en donde su ocurrencia se dio de forma natural en cítricos, pero también, en una amplia variedad de cultivos anuales y perennes, y en otras regiones de África, América y Europa (Calvo et al., 2015). Se ha reportado que *A. swirskii* presenta un amplio rango de presas y otros tipos de alimentos como polen o partes vegetales de las que se puede alimentar, por lo tanto, es considerado como un depredador generalista (Razzak et al., 2019). Este depredador pertenece a la familia Phytoseiidae que incluye características como patas largas y el par delantero apuntando hacia adelante. Son ácaros con pocas setas en la parte posterior del cuerpo. Los huevos tienen forma ovalada, son de color lechoso y son depositados en el envés de las hojas principalmente (Malais y Ravensberg, 2006). Los inmaduros tienen tres pares de patas mientras que las proto y deutoninfas tienen cuatro pares de patas y son similares. Los adultos tienen forma de pera, con 0.5 mm de longitud (Doğramaci et al., 2013). Las condiciones ambientales para *A. swirskii* están entre 18 y 36 °C con 60% de humedad relativa y si las temperaturas no superan los 22°C. El ácaro depredador se puede liberar regularmente por no presentar diapausa (Park et al., 2010).

La liberación de estos ácaros como parte de control biológico, está basada en dos principios: el consumo de un organismo por otro organismo y el control que no implica erradicación, pero sí mantenimiento de un equilibrio natural en el agroecosistema. Aunque el control biológico natural ocurría mucho antes del uso de agroquímicos, la implementación de este método disminuyó drásticamente los insectos benéficos afectando la biodiversidad y generó agricultores químico-dependientes (Malais y Ravensberg, 2006).

Condiciones ambientales para almacenamiento de *Amblyseius swirskii*. En el capítulo 4 se abordarán factores de importancia en el almacenamiento de *A. swirskii* como la temperatura y los empaques. La producción de controladores biológicos presenta algunas dificultades, como los altos costos de acondicionamiento de laboratorios, el conocimiento técnico y la capacidad económica para producir altas cantidades que permitan asegurar una liberación inundativa. La corta vida en anaquel de estos insectos hace necesario definir un sistema de almacenamiento adecuado y producciones sincronizadas con los tiempos de liberación; por lo tanto, los sistemas adecuados de almacenamiento pueden reducir costos y permitir un suministro constante. El

almacenamiento a bajas temperaturas es la metodología más usada, que además de incrementar la vida es anaquel y durante el transporte, es requerida muchas veces para los sistemas de cría en masa bajo laboratorio (Colinet y Boivin, 2011). Se requiere que estos métodos sean efectivos para conservar la sobrevivencia de los ácaros garantizando un óptimo desempeño después de las condiciones de almacenamiento, tanto de los insectos empacados o almacenados, como de su progenie (Krutiakova y Limar, 2020).

Las condiciones de almacenamiento durante el transporte son cruciales pues deben garantizar que los organismos lleguen al punto de liberación en excelentes condiciones, sin presentar insectos muertos por compresión, asfixia, sobrecalentamiento, congelamiento o escape del envase; considerando como un parámetro fundamental la humedad, pues solo algunas especies son tolerantes a la desecación como los nemátodos. Esto hace fundamental el uso de empaques adecuados que permitan reducir la pérdida de humedad en el tiempo. En situaciones en que el traslado de los controladores implica varios días es conveniente empacarlos con alimento disponible en el envase, el cual varía en función de las preferencias de consumo y el uso de sustratos que actúen como escondites para evitar la reducción de la población por canibalismo (Hajek y Eilenberg, 2018).

4.3. MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del estudio. La evaluación se realizó en el Laboratorio de Control Biológico, del Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria de la Universidad Zamorano, Francisco Morazán, 32 km al este de Tegucigalpa, Honduras.

Material biológico y condiciones del estudio. Los ácaros depredadores de la especie *A. swirskii* fueron obtenidos del Laboratorio de Control Biológico de la Universidad Zamorano.

Diseño experimental. Se utilizó un diseño completamente aleatorizado (DCA) con arreglo factorial y medidas repetidas en el tiempo. Se evaluaron tres factores: temperatura con cuatro niveles (4°C, 10°C, 25°C y 33°C), dos empaques de almacenamiento (bote de plástico y bolsa de papel), y siete días de evaluación para un total de 56 tratamientos, y cuatro repeticiones para 224 unidades experimentales. Cada unidad correspondió a presentaciones comerciales de 50.000 ácaros que fueron colocadas en incubadora con graduación de temperatura para mantener los tratamientos establecidos.

Muestreo. Cada 24 horas se tomó una muestra de 0.1 g y se realizó conteo de los estados de huevo, inmaduros, adultos y muertos. En cada repetición también se evaluó la humedad del sustrato por medio de un determinador de humedad.

Análisis de datos. Las variables número de huevos, inmaduros, adultos y muertos, así como el porcentaje de humedad del sustrato se evaluaron en un arreglo factorial completamente al azar (DCA) con medidas repetidas en el tiempo. Se llevó a cabo un ANDEVA y una comparación de medias por Duncan, y medias ajustadas usando el método de cuadrados mínimos "LS means" para determinar las condiciones de anaquel óptimas y el empaque más adecuado para una mayor periodo de almacenamiento. Estos análisis se realizaron en el software estadístico "Statistical Analysis System (SAS versión 9.4®).

4.4. RESULTADOS

Efecto de los tratamientos en la dinámica poblacional de *Amblyseius swirskii*. Se encontró que los factores temperatura y empaque, así como el tiempo de evaluación y la interacción entre estos factores tuvieron un efecto significativo en todas las variables evaluadas. Por medio de la diferencia de medias de Duncan se encontró que, para adultos, así como para el total de la población (la suma de huevos, inmaduros y móviles) las temperaturas que permitieron mantener la mayor población de *A. swirskii* fueron 25°C y 33°C empacados en bote; para inmaduros no se presentaron diferencias significativas entre tratamientos; y para huevos el mejor tratamiento fue 4°C en bolsa. La menor mortalidad se presentó bajo 4°C y 33°C en el empaque de bote (Cuadro 1).

Cuadro 3. Efecto de la temperatura y el empaque en la población promedio de *Amblyseius swirskii* evaluados en laboratorio. Universidad Zamorano, Honduras, 2022.

Tratamiento	Adultos	Inmaduros	Huevos	Total	Muertos
4°C	15.94 c ^Ω	9.07 a	8.31 a	34.69 b	4.69 c
10°C	28.22 b	6.19 b	4.98 b	40.06 b	12.23 b
25°C	43.84 a	6.89 b	2.33 c	57.79 a	14.53 a
33°C	42.64 a	7.54 ab	3.66 bc	59.17 a	6.46 c
Bote	39.35 a	6.90 a	4.14 b	55.02 a	7.38 b
Bolsa	25.85 b	7.95 a	5.48 a	40.85 b	11.39 a
Pr>F	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
R ²	0.70	0.52	0.36	0.65	0.51
CV	74.0	127.3	175.7	72.6	118.5

^Ω Valores en cada columna con letras diferentes son estadísticamente diferentes (P<0.05)

Interacción Empaque × Temperatura y su efecto en la población total de *Amblyseius swirskii*. A partir de la comparación de medias por cuadrados mínimos “LSmeans” se determinó que la mayor población de huevos, inmaduros y adultos de *A. swirskii* a lo largo de la evaluación se presentó en bote a 33°C y 25°C (Cuadro 2).

Efecto del tiempo en la dinámica poblacional de *Amblyseius swirskii*. Respecto a la temperatura, el mayor número promedio de estadios de *A. swirskii* (huevos, inmaduros y adultos) se encontró bajo 25°C y 33°C hasta el tercer día después de empaque. A partir del día cuarto no se encontraron diferencias significativas de la población entre las temperaturas evaluadas. Respecto al empaque, se detectaron diferencias significativas de la población únicamente hasta el segundo día de evaluación con los mayores valores para bote (Cuadro 3).

Cuadro 2. Diferencia de medias por cuadrados mínimos de la población promedio de individuos vivos de *Amblyseius swirskii/g* en la interacción de los factores empaque × temperatura. Universidad Zamorano, Honduras, 2022.

Empaque	Temperatura (°C)	Media por mínimos cuadrados	Agrupación por “LSMean”
Bote	33	95.93	A ^Ω
Bote	25	71.22	B
Bolsa	4	50.75	C
Bolsa	25	48.39	C
Bolsa	10	40.30	C
Bote	10	40.04	C
Bolsa	33	25.28	D
Bote	4	19.03	D

^Ω Valores en cada columna con letras diferentes son estadísticamente diferentes (P<0.05)

Cuadro 3. Efecto de la temperatura, el empaque y el tiempo en la población promedio de *Amblyseius swirskii* evaluados en laboratorio. Universidad Zamorano, Honduras, 2022.

Tto ^α	Días después de empaque								Media
	0	1	2	3	4	5	6	7	
4°C	73.37 c ^Ω	29.17 b	37.29 b	32.27 b	36.25 ab	27.19 ab	20.49 b	22.92 a	34.69 b
10°C	79.02 c	41.25 b	42.92 b	38.72 b	28.75 b	38.70 a	31.88 a	20.83 a	40.06 b
25°C	144.35 b	94.67 a	102.82 a	64.17 a	23.75 b	20.42 b	9.38 c	11.67 a	57.79 a
33°C	168.55 a	92.42 a	58.48 b	30.42 b	47.18 a	42.08 a	22.81 ab	18.75 a	59.17 a
Bote	150.25 a	78.07 a	68.60 a	41.49 a	30.62 a	33.83 a	21.08 a	18.79 a	55.02 a
Bolsa	80.89 b	49.74 b	50.94 b	41.69 a	37.34 a	30.26 a	21.20 a	17.29 a	40.85 b
Pr>F	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
R²	0.63	0.54	0.50	0.28	0.42	0.36	0.39	0.26	0.65
CV	43.5	68.2	71.6	84.9	81.6	79.6	82.6	127.6	72.5

^α Tratamiento

^Ω Valores en cada columna con letras diferentes son estadísticamente diferentes (P<0.05)

Efecto de los tratamientos en la humedad del sustrato. La humedad medida en el sustrato en cada día de evaluación presentó correlación alta positiva con los adultos, inmaduros y la suma de huevos, inmaduros y huevos de *A. swirskii*, mientras que en el empaque bolsa la humedad solamente presentó correlación significativa con la variable muertos del depredador, aunque es baja (Cuadro 4). Esto evidencia una mayor variación de la humedad en el empaque de bote que en el de bolsa. A partir del ANDEVA se encontró que tanto la temperatura (P<.0001) como el empaque (P<.0001) tuvieron un efecto significativo en la variable humedad del sustrato con un R² de 0.88 y un coeficiente de variación de 6%.

Cuadro 4. Correlación entre población de *Amblyseius swirskii* y humedad del sustrato en los empaques evaluados. Universidad Zamorano, Honduras, 2022.

	Adultos	Inmaduros	Huevos	Total	Muertos
Bote	0.60***	0.36***	0.07 ^{NS}	0.59***	-0.12 ^{NS}
Bolsa	0.10*	-0.01 ^{NS}	-0.02 ^{NS}	0.06 ^{NS}	0.19***

***: significativo (P<0.05)

^{NS}: no significativo(P<0.05).

Para el empaque de bote se puede evidenciar una mayor variación de la humedad del sustrato a lo largo del tiempo sin una tendencia clara entre las temperaturas evaluadas ni diferencias significativas en el promedio general (Cuadro 5).

Para el empaque de bolsa se puede evidenciar una menor variación de la humedad en el tiempo, explicada también a partir de la correlación encontrada (Cuadro 4). En los días 1, 2, 4, 5 y 7, así como en el promedio general se encontró el mayor valor de humedad en la temperatura 10°C (Cuadro 6).

Cuadro 5. Efecto de las temperaturas de almacenamiento evaluadas en la humedad del sustrato (%) en el empaque bote de *Amblyseius swirskii*. Universidad Zamorano, Honduras, 2022.

Tratamiento	1	2	3	4	5	6	7	Media
4°C	9.14 b ^Ω	9.76 b	9.78 b	8.68 d	9.43 ab	8.86 b	8.90 bc	9.91 c
10°C	9.45 b	9.43 b	9.45 b	9.98 a	9.70 a	7.71 d	9.40 a	9.98 bc
25°C	10.91 a	10.43 a	9.67 b	9.40 b	9.21 b	7.85 c	9.06 ab	10.15 ab
33°C	10.66 a	9.61 b	10.68 a	8.99 c	9.41 b	8.99 a	8.63 c	10.21 a
Pr>F	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
R ²	0.58	0.59	0.45	0.76	0.40	0.96	0.42	0.87
CV	8.1	5.0	8.5	3.3	3.6	1.6	4.7	7.0

^Ω Valores en cada columna con letras diferentes son estadísticamente diferentes (P<0.05)

Cuadro 6. Efecto de las temperaturas de almacenamiento evaluadas en la humedad del sustrato (%) en el empaque bolsa de *Amblyseius swirskii*. Universidad Zamorano, Honduras, 2022.

Tratamiento	1	2	3	4	5	6	7	Media
4°C	9.01 d ^Ω	9.57 b	9.66 b	9.94 b	9.77 c	9.39 c	9.77 b	10.23 c
10°C	9.83 a	10.43 a	9.74 ab	10.63 a	10.61 a	9.94 b	10.02 a	10.74 a
25°C	9.37 c	9.38 c	9.71 b	9.74 c	10.13 b	10.74 a	9.48 c	10.41 b
33°C	9.76 b	8.65 d	9.88 a	9.66 c	9.59 d	9.29 c	9.12 d	10.08 d
Pr>F	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
R ²	0.96	0.94	0.43	0.92	0.95	0.95	0.90	0.96
CV	0.7	1.8	1.9	1.2	1.0	1.4	1.3	3.3

^Ω Valores en cada columna con letras diferentes son estadísticamente diferentes (P<0.05)

En general, respecto al valor de la humedad del sustrato medida en cada día de evaluación, se encontró que el mayor porcentaje se encontró en el empaque de bolsa a 10°C y 25°C con un promedio de 10.3% de humedad a lo largo de todo el estudio (Cuadro 7).

Cuadro 7. Efecto de las temperaturas y empaques de almacenamiento evaluadas en la humedad del sustrato (%) para las presentaciones comerciales evaluadas de *Amblyseius swirskii*. Universidad Zamorano, Honduras, 2022.

	Tratamiento					
	4°C	10°C	25°C	33°C	Bote	Bolsa
Promedio humedad	10.07 b ^Ω	10.36 a	10.28 a	10.14 b	10.06 b	10.36 a

^Ω Valores en cada columna con letras diferentes son estadísticamente diferentes (P<0.05)

4.5. DISCUSIÓN

Establecer óptimas temperaturas de almacenamiento para ácaros depredadores permitirá reducir costos de producción así como mantener la población al compensar periodos de baja producción o alta demanda (Ghazy et al., 2012). Los resultados encontrados en el presente estudio demuestran que después del cuarto día de almacenamiento bajo las temperaturas y empaques evaluados no se encuentran diferencias significativas en la población de ácaros almacenados (Cuadro 3), es decir que a medida que el tiempo transcurre la población se verá reducida sin importar la temperatura o empaque. A excepción de la variable huevos, para los demás estadios de *A. swirskii* se pudo establecer una relación significativa positiva con la humedad, lo cual indica la importancia de esta variable en empaques y almacenamiento de ácaros depredadores (Cuadro 4).

La humedad influye en la mortalidad durante almacenamiento de ácaros junto a bajas temperaturas y escasas de alimento disponible. Cuando el cuerpo del insecto presenta un contenido de agua mayor que el atmosférico o ambiental, el agua se evaporará de la cutícula del insecto afectando directamente su sobrevivencia, debido a que dos tercios del cuerpo de un ácaro está constituido por agua (Colinet y Boivin, 2011; Ghazy et al., 2016), es por esto que hay una mayor correlación de la humedad para móviles. Se ha reportado que para almacenamiento de *A. swirskii* es recomendable mantener dentro de los empaques una humedad alrededor de 100% con el fin de generar una condición higrótérmica para los ácaros, es decir, óptimas condiciones térmicas y de humedad (Krutiakova y Limar, 2020).

Ghazy y Amano (2016) determinaron que almacenamiento a 25°C y una humedad superior al 95% permitieron mantener sobrevivencia y oviposición en *N. californicus* hasta 50 días después. Esto permite evidenciar, que a pesar de que el almacenamiento a menos de 15°C es altamente recomendable para mantener sobrevivencia, con un óptimo manejo de la humedad estas temperaturas pueden incrementar, como se evidenció en el estudio al encontrar mayor sobrevivencia de todos los estadios a 25°C y 33°C, y una correlación positiva con la humedad

dentro del empaque. Por tanto, un óptimo manejo de la humedad puede mitigar los posibles efectos negativos de altas temperaturas y de escasas de alimento e incrementar la vida en anaquel.

Aunque los huevos de *A. swirskii* no presentaron correlación con la humedad en este estudio, se ha reportado que este estado es el más susceptible a condiciones de baja humedad, ya que solo los estados móviles pueden reponer el agua perdida a través de la alimentación, del consumo de agua libre o por escape a lugares más favorables. Esto se ha asociado a alta eclosión de los huevos cuando la humedad se encuentra cercana a saturación (; esto permite explicar los resultados obtenidos, pues aunque no hubo correlación con huevos, los estados móviles sí presentaron correlación positiva con la humedad, lo cual indica su efecto en la eclosión de huevos y el desarrollo de la progenie. Los autores también mencionan que seguido de huevos, las larvas o inmaduros son los más susceptibles a bajas humedades por su reducido tamaño, la poca capacidad para consumir agua libre y para buscar ambientes favorables. La humedad fue menos variable en el empaque de bolsa (Cuadro 5), lo cual permitió encontrar los mayores valores para huevos en este empaque, contrario a los otros estados de *A. swirskii*.

También se encontró una correlación negativa de la humedad con la mortalidad de ácaros, lo cual indica que la humedad favorece la sobrevivencia principalmente de adultos. La disponibilidad de agua libre para consumo directo por parte de los ácaros también es un factor determinante para el óptimo desarrollo y calidad de los parámetros biológicos de *A. swirskii* (San et al., 2021), lo cual no se presentó en ninguno de los empaques porque en el tiempo de evaluación la humedad se redujo. La adición de agua que permita mantener una humedad superior a 90% y en estado libre para el consumo directo por los estados móviles podría favorecer una mayor sobrevivencia en todos los tratamientos evaluados.

La exposición de ácaros depredadores a altas temperaturas, después del almacenamiento favorece procesos necesarios en campo como depredación, dispersión y oviposición. Por ejemplo, *N. californicus* almacenado a 35°C presenta una mayor velocidad de dispersión respecto a bajas temperaturas. Los efectos negativos de altas temperaturas se evidencian en fitoséidos cuando se acompaña de baja humedad, tanto en laboratorio como en campo (Ghazy et al., 2016). Para *A. swirskii* se ha reportado que a 30°C y 50% de humedad se incrementa la tasa de reproducción y es posible obtener la mayor fecundidad con 47.99 huevos/hembra (Al-Azzazy y Alhewairini, 2020), equivalente a los resultados encontrados a temperaturas de 25°C y 33°C.

Las bajas temperaturas reducen el metabolismo y el movimiento de los ácaros, lo cual permite reducir el gasto energético e incrementar el periodo de conservación (Ghazy et al., 2012). Sin embargo, los resultados muestran que para todos los estadios vivos de *A. swirskii* la temperatura que permitió un mayor número promedio de individuos a lo largo de la evaluación fue 33°C (Cuadro 2). Bajo temperaturas de 4°C y 10°C la reducción de la población un día después de empaque fue mayor a la mitad de la población, lo cual puede deberse a que no se realizó una aclimatación de las unidades a evaluar previo a ser ingresadas a bajas temperaturas. Krutiakova y Limar (2020) mencionan que la exposición de *N. cucumeris* a -10°C por un periodo de dos horas generó mortalidad del 98% de la población, mientras que la misma evaluación con un periodo de aclimatación de una hora a 5°C redujo la mortalidad al 25%.

En almacenamiento de ácaros e insectos también se debe considerar la edad o etapa de desarrollo que será expuesta a condiciones de anaquel, pues existe variación en la respuesta de los diferentes

estados (Colinet y Boivin, 2011). Para el caso de *A. swirskii*, los huevos presentaron la mayor variación en almacenamiento, y la menor para adultos. Esto es debido a que la edad de las hembras almacenadas no era uniforme y por lo tanto la tasa de oviposición encontrada en los diferentes tratamientos presentó fue variable. Es posible que al uniformizar esta población en unidades de almacenamiento se pueda reducir la variación para la variable huevos, y por ende para los demás estados evaluados, así como encontrar una correlación entre huevos y humedad del sustrato.

En cuanto al tiempo, se ha reportado que ácaros fitoséidos como *N. californicus* almacenados a 5°C bajo humedad del $99 \pm 0.1\%$ sobrevivieron por un periodo de hasta 30 días, con reducción de la población a medida que incrementaba el periodo de almacenamiento (Ghazy et al., 2012). Sin embargo, para *A. swirskii* se reportó que el periodo de almacenamiento no se debe extender más allá de ocho días de evaluación a 6°C si se quiere mantener la sobrevivencia de la población en 95% y mantener una fecundidad aceptable (Krutiakova y Limar, 2020).

El alimento disponible es otro factor importante en la sobrevivencia y tolerancia a condiciones de almacenamiento de *A. swirskii*. En el presente estudio el alimento se encontraba disponible al momento del empaque, y correspondió al ácaro *Carpoglyphus lactis* (Linnaeus) (Acari: Carpoglyphidae), el cual se encuentra en el sustrato y es el alimento en la fase de producción del ácaro. Se ha reportado que durante el almacenamiento es conveniente proporcionar alimento fresco en cortos intervalos de tiempo. Por ejemplo, para el ácaro fitoseido *P. persimilis* bajo condiciones y empaques de almacenamiento es conveniente proporcionar cada cierto tiempo *T. urticae* en diapausa o congelado (Krutiakova y Limar, 2020).

4.6. CONCLUSIONES

Se concluye que la temperatura y el empaque son factores determinantes en la sobrevivencia bajo condiciones de almacenamiento del ácaro depredador *A. swirskii*. Para estados adultos, las temperaturas óptimas son 25°C y 33°C y el empaque de bote. En estados inmaduros no se encontró un efecto de estos factores; mientras para huevos, la mejor condición de empaque es bolsa a 4°C. Esto es debido a que la bolsa presenta menor variación de humedad en el sustrato respecto al bote, es decir, que la reducción de humedad es menor lo cual favorece la oviposición. Se recomienda incluir como tratamiento diferente nivel de humedad del sustrato al momento de empaque, considerando humedades cercanas a 90% por la importancia de la humedad en la oviposición, reproducción y sobrevivencia de *A. swirskii*. También, se recomienda uniformizar la población de hembras a empacar, para garantizar uniformidad en oviposición; y evaluar temperaturas intermedias a las del estudio, así como mayor tiempo de evaluación para encontrar otras temperaturas que garanticen mayor sobrevivencia en almacenamiento.

4.7. REFERENCIAS

- Al-Azzazy, M. M. y Alhewairini, S. S. (2020). Effect of temperature and humidity on development, reproduction, and predation rate of *Amblyseius swirskii* (Phytoseiidae) fed on *Phyllocoptruta oleivora* (Eriophyidae) and *Eutetranychus orientalis* (Tetranychidae). *International Journal of Acarology*, 46(5), 304–312. <https://doi.org/10.1080/01647954.2020.1773922>
- Colinet, H. y Boivin, G. (2011). Insect parasitoids cold storage: A comprehensive review of factors of variability and consequences. *Biological Control*, 58(2), 83–95. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2011.04.014>
- Ghazy, N. A. y Amano, H. (2016). The use of the cannibalistic habit and elevated relative humidity to improve the storage and shipment of the predatory mite *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae). *Experimental & Applied Acarology*, 69(3), 277–287. <https://doi.org/10.1007/s10493-016-0041-6>
- Ghazy, N. A., Suzuki, T., Shah, M., Amano, H. y Ohyama, K. (2012). Effect of long-term cold storage of the predatory mite *Neoseiulus californicus* at high relative humidity on post-storage biological traits. *BioControl*, 57(5), 635–641. <https://doi.org/10.1007/s10526-012-9441-7>
- Ghazy, N. A., Osakabe, M., Negm, M. W., Schausberger, P., Gotoh, T. y Amano, H. (2016). Phytoseiid mites under environmental stress. *Biological Control*, 96, 120–134. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2016.02.017>
- Kim, J. H., Broadbent, A. B. y Lee, S.G. (2001). Quality Control of the Mass-Reared Predatory Mite, *Amblyseius cucumeris* (Acarina: Phytoseiidae). *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 4(2), 175–179.
- Krutiakova, V. y Limar, I. (2020). Investigation in the storage of the predatory mite *Amblyseius swirskii* under the condition of low temperature. *Visnyk Agrarnoi Nauky*, 98(2), 72–77. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202002-11>
- Lopez, L. y Smith, H. A. (2016). Quality Assessment of the Commercially Available Predator *Amblyseius swirskii* (Acari: Phytoseiidae). *Plant Health Progress*, 17(3), 206–210. <https://doi.org/10.1094/PHP-RS-16-0040>
- San, P. P., Tuda, M. y Takagi, M. (2021). Impact of relative humidity and water availability on the life history of the predatory mite *Amblyseius swirskii*. *BioControl*, 66(4), 497–510. <https://doi.org/10.1007/s10526-021-10081-y>

5. CONCLUSIONES

Se concluye que los métodos de liberación no influyen en la dispersión ni en la dinámica poblacional de huevos de *A. swirskii* en cultivo de pimiento, por lo tanto, se recomienda seleccionar el método en función de presupuesto y el área total a liberar. Es importante resaltar que la mayor uniformidad en dispersión está dada por los métodos de liberación lenta, siendo “blower” el método con el menor costo y tiempo de liberación. Además, todos los métodos de liberación garantizan presencia del depredador después de la liberación por un periodo de hasta tres meses.

El uso de artemia salina y *C. lactis* requiere de más estudios para incrementar su efecto en el establecimiento y desarrollo de *A. swirskii* en cultivo de pimiento. Aunque no presentó diferencias estadísticas con el control, se observó que después de la liberación de artemia la población de móviles puede incrementar hasta en 30 individuos cuando el alimento se integra con otros aditivos como *C. lactis*. Para la integración de otros depredadores como *O. insidiosus* y *C. carnea*, entomopatógenos y aceites minerales, con liberaciones de *A. swirskii* requiere un análisis de las dosis adecuadas para el establecimiento y efectividad, así como un aporte del alimento adecuado para evitar depredación intragremial. Sin embargo, *A. swirskii* es capaz de establecerse en el cultivo sin alimento suplementario y sin presencia de presa por un periodo hasta de tres meses. Se recomienda evaluar alimentos que no pierdan su calidad nutricional en función de condiciones ambientales como humedad relativa.

Las condiciones de almacenamiento son determinadas por el estado de *A. swirskii*. Para huevos las condiciones adecuadas son empaque en bolsa a 4°C, mientras para adultos el empaque ideal es bote a 25°C y 33°C. La humedad del sustrato es fundamental para la sobrevivencia en el tiempo bajo condiciones de almacenamiento. La bolsa es el empaque que presenta menor variación de esta variable por lo cual es recomendable analizar otras temperaturas para este empaque que favorezcan sobrevivencia de huevos y móviles, así como evaluar condiciones de saturación en el sustrato.

La optimización de procesos asociados al ácaro depredador *A. swirskii* es fundamental para garantizar su desempeño en campo y que sea una alternativa viable, eficiente y económicamente sostenible para el manejo sostenible de plagas en cultivo de pimiento y otros cultivos de importancia agrícola.

6. REFERENCIAS

- Alghamdi, A., Al-Otaibi, S. y Sayed, S. M. (2018). Field evaluation of indigenous predacious insect, *Chrysoperla carnea* (Steph.) (Neuroptera: Chrysopidae), fitness in controlling aphids and whiteflies in two vegetable crops. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 28(1), 265. <https://doi.org/10.1186/s41938-018-0026-3>
- Arthurs, S., McKenzie, C. L., Chen, J., Dogramaci, M., Brennan, M., Houben, K. y Osborne, L. (2009). Evaluation of *Neoseiulus cucumeris* and *Amblyseius swirskii* (Acari: Phytoseiidae) as biological control agents of chilli thrips, *Scirtothrips dorsalis* (Thysanoptera: Thripidae) on pepper. *Biological Control*, 49(1), 91–96. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2009.01.002>
- Arthurs, S. P., Aristizábal, L. F. y Avery, P. B. (2013). Evaluation of entomopathogenic fungi against chilli thrips *Scirtothrips dorsalis*. *Journal of Insect Science* (Online), 13, 31. <https://doi.org/10.1673/031.013.3101>
- Avery, P. B., Pick, D. A., Aristizábal, L. F., Kerrigan, J., Powell, C. A., Rogers, M. E. y Arthurs, S. P. (2013). Compatibility of *Isaria fumosorosea* (Hypocreales: Cordycipitaceae) Blastospores with Agricultural Chemicals Used for Management of the Asian Citrus Psyllid, *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae). *Insects*, 4(4), 694–711. <https://doi.org/10.3390/insects4040694>
- Bale, J. S., van Lenteren, J. C. y Bigler, F. (2008). Biological control and sustainable food production. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, 363(1492), 761–776. <https://doi.org/10.1098/rstb.2007.2182>
- Biobest. (2021). Bio-Box: Una eficaz distribución de los enemigos naturales en su cultivo. <https://www.biobestgroup.com/es/biobest/productos/productos-complementarios-4471/productos-complementarios-4500/bio-box-4695/>
- Blandini, G., Emma, G., Failla, S. y Manetto, G. (2008). A Prototype for Mechanical Distribution of Beneficials. *Acta Horticulturae*, (801), 1515–1522.
- Blasco, M., Qureshi, J., Urbaneja, A. y Stansly, P. (2012). Predatory Mite, *Amblyseius swirskii* (Acari: Phytoseiidae), for Biological Control of Asian Citrus Psyllid, *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae). *Florida Entomologist*, 95(3), 543–551. <https://doi.org/10.1653/024.095.0302>
- Buitenhuis, R., Glemser, E. y Brommit, A. (2014). Practical placement improves the performance of slow release sachets of *Neoseiulus cucumeris*. *Biocontrol Science and Technology*, 24(10), 1153–1166. <https://doi.org/10.1080/09583157.2014.930726>

- Buitenhuis, R., Murphy, G., Shipp, L. y Scott-Dupree, C. (2015). *Amblyseius swirskii* in greenhouse production systems: A floricultural perspective. *Experimental & Applied Acarology*, 65(4), 451–464. <https://doi.org/10.1007/s10493-014-9869-9>
- Calvo, F. J., Knapp, M., van Houten, Y. M., Hoogerbrugge, H. y Belda, J. E. (2015). *Amblyseius swirskii*: What made this predatory mite such a successful biocontrol agent? *Experimental & Applied Acarology*, 65(4), 419–433. <https://doi.org/10.1007/s10493-014-9873-0>
- Chow, A., Dunlap, C. A., Jackson, M. A., Avery, P. B., Patt, J. M. y Sétamou, M. (2018). Field Efficacy of Autodissemination and Foliar Sprays of an Entomopathogenic Fungus, *Isaria fumosorosea* (Hypocreales: Cordycipitaceae), for Control of Asian Citrus Psyllid, *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae), on Residential Citrus. *Journal of Economic Entomology*, 111(5), 2089–2100. <https://doi.org/10.1093/jee/toy216>
- Christiansen, I. C., Szin, S. y Schausberger, P. (2016). Benefit-cost Trade-offs of Early Learning in Foraging Predatory Mites *Amblyseius Swirskii*. *Scientific Reports*, 6, 23571. <https://doi.org/10.1038/srep23571>
- Colinet, H. y Boivin, G. (2011). Insect parasitoids cold storage: A comprehensive review of factors of variability and consequences. *Biological Control*, 58(2), 83–95. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2011.04.014>
- Doğramaci, M., Kakkar, G., Kumar, V., Chen, J. y Arthurs, S. (2013). Swirski mite (suggested common name) *Amblyseius swirskii* Athias-Henriot (Arachnida: Mesostigmata: Phytoseiidae). Mid-Florida Research and Education Center and Environmental Horticultural Department, 2–5.
- Farkas, P., Bagi, N., Szabó, Á., Ladányi, M., Kis, K., Sojnóczki, A., Reiter, D., Péntzes, B. y Fail, J. (2016). Biological control of thrips pests (Thysanoptera: Thripidae) in a commercial greenhouse in Hungary. *Polish Journal of Entomology*, 85(4), 437–451. <https://doi.org/10.1515/pjen-2016-0028>
- Fathipour, Y. y Maleknia, B. (2016). Mite Predators. *Ecofriendly Pest Management for Food Security*, 47, 329–366. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803265-7.00011-7>
- Gao, T., Wang, Z., Huang, Y., Keyhani, N. O. y Huang, Z. (2017). Lack of resistance development in *Bemisia tabaci* to *Isaria fumosorosea* after multiple generations of selection. *Scientific Reports*, 7, 42727. <https://doi.org/10.1038/srep42727>
- Hajek, A. E. y Eilenberg, J. (2018). *Natural enemies: An introduction to biological control* (Second edition / Ann Hajek, Jørgen Eilenberg). Cambridge University Press.
- Hassaan, M. y El Nemr, A. (2020). Pesticides pollution: Classifications, human health impact, extraction and treatment techniques. *The Egyptian Journal of Aquatic Research*, 46(3), 207–220. <https://doi.org/10.1016/j.ejar.2020.08.007>
- Jung, C. y Croft, B. A. (2001). Ambulatory and Aerial Dispersal Among Specialist and Generalist Predatory Mites (Acari: Phytoseiidae). *Environmental Entomology*, 30(6), 1112–1118. <https://doi.org/10.1603/0046-225X-30.6.1112>

- Kakkar, G., Kumar, V., Seal, D. R., Liburd, O. E. y Stansly, P. A. (2016). *Predation by Neoseiulus cucumeris and Amblyseius swirskii on Thrips palmi and Frankliniella schultzei on cucumber. Biological Control, 92*, 85–91. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2015.10.004>
- Koppert. (2021). Airbug. <https://www.koppert.es/airbug/>
- Krutiakova, V. y Limar, I. (2020). Investigation in the storage of the predatory mite *Amblyseius swirskii* under the condition of low temperature. *Visnyk Agrarnoi Nauky, 98(2)*, 72–77. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202002-11>
- Labbé, R. M., Gagnier, D., Kostic, A. y Shipp, L. (2018). The function of supplemental foods for improved crop establishment of generalist predators *Orius insidiosus* and *Dicyphus hesperus*. *Scientific Reports, 8(1)*, 17790. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-36100-0>
- Leppä, N. C., Johnson, M. W., Merritt, J. L. y Zalom, F. G. (2018). Applications and Trends in Commercial Biological Control for Arthropod Pests of Tomato. En W. Wakil, G. E. Brust y T. M. Perring (Eds.), *Sustainable management of arthropod pests of tomato* (pp. 283–303). Elsevier/AP Academic Press an imprint of Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802441-6.00013-9>
- Lopez, L. y Smith, H. A. (2016). Quality Assessment of the Commercially Available Predator *Amblyseius swirskii* (Acari: Phytoseiidae). *Plant Health Progress, 17(3)*, 206–210. <https://doi.org/10.1094/PHP-RS-16-0040>
- Malais, M. H. y Ravensberg, W. J. (2006). Conocer y reconocer. Las plagas de cultivos protegidos y sus enemigos naturales M. H. Malais. Koppert Biological Systems.
- Messelink, G. J., van Maanen, R., van Steenpaal, S. E.F. y Janssen, A. (2008). Biological control of thrips and whiteflies by a shared predator: Two pests are better than one. *Biological Control, 44(3)*, 372–379. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2007.10.017>
- Messing, R. y Brodeur, J. (2018). Current challenges to the implementation of classical biological control. *BioControl, 63(1)*, 1–9. <https://doi.org/10.1007/s10526-017-9862-4>
- Midthassel, A., Leather, S. R., Wright, D. J. y Baxter, I. H. (2014). The functional and numerical response of *Typhlodromips swirskii* (Acari: Phytoseiidae) to the factitious prey *Suidasia medanensis* (Acari: Suidasidae) in the context of a breeding sachet. *Biocontrol Science and Technology, 24(3)*, 361–374. <https://doi.org/10.1080/09583157.2013.863270>
- Mouden, S., Sarmiento, K. F., Klinkhamer, P. G. y Leiss, K. A. (2017). Integrated pest management in western flower thrips: Past, present and future. *Pest Management Science, 73(5)*, 813–822. <https://doi.org/10.1002/ps.4531>
- Nguyen, D. T., Vangansbeke, D. y Clercq, P. de (2014). Artificial and factitious foods support the development and reproduction of the predatory mite *Amblyseius swirskii*. *Experimental & Applied Acarology, 62(2)*, 181–194. <https://doi.org/10.1007/s10493-013-9749-8>

- Opit, G. P., Nechols, J. R., Margolies, D. C. y Williams, K. A. (2005). Survival, horizontal distribution, and economics of releasing predatory mites (Acari: Phytoseiidae) using mechanical blowers. *Biological Control*, 33(3), 344–351. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2005.03.010>
- Park, H.-H., Shipp, L. y Buitenhuis, R. (2010). Predation, development, and oviposition by the predatory mite *Amblyseius swirskii* (Acari: Phytoseiidae) on tomato russet mite (Acari: Eriophyidae). *Journal of Economic Entomology*, 103(3), 563–569. <https://doi.org/10.1603/ec09161>
- Pezzi, F., Martelli, R., Lanzoni, A. y Maini, S. (2015). Effects of mechanical distribution on survival and reproduction of *Phytoseiulus persimilis* and *Amblyseius swirskii*. *Biosystems Engineering*, 129(1), 11–19. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2014.09.004>
- Pijnakker, J., Arijs, Y., Souza, A. de, Cellier, M. y Wäckers, F. (2015). The use of *Typha angustifolia* (cattail) pollen to establish the predatory mites *Amblyseius swirskii*, *Iphiseius degenerans*, *Euseius ovalis* and *Euseius gallicus* in glasshouse crops. 5th Meeting of the Working Group “Integrated Control of Mite Pest” from September 8th to 10th 2015 in Castelló De La Plana, Spain, in Press., Biobest Belgium BV.
- Pretty, J. (2018). Intensification for redesigned and sustainable agricultural systems. *Science* (New York, N.Y.), 362(6417). <https://doi.org/10.1126/science.aav0294>
- Razzak, M. A., Seal, D. R., Stansly, P. A., Schaffer, B. y Liburd, O. E. (2019). A predatory mite, *Amblyseius swirskii*, and plastic mulch for managing melon thrips, *Thrips palmi*, in vegetable crops. *Crop Protection*, 126, 104916. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2019.104916>
- Reitz, S. R., Gao, Y., Kirk, W. D. J., Hoddle, M. S., Leiss, K. A. y Funderburk, J. E. (2020). Invasion Biology, Ecology, and Management of Western Flower Thrips. *Annual Review of Entomology*, 65, 17–37. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-011019-024947>
- Sarwar, M. (2016). Comparative life history characteristics of the mite predator *Neoseiulus cucumeris* (Oudemans) (Acari: Phytoseiidae) on mite and pollen diets. *International Journal of Pest Management*, 62(2), 140–148. <https://doi.org/10.1080/09670874.2016.1146806>
- van Lenteren, J. (2012). The state of commercial augmentative biological control: plenty of natural enemies, but a frustrating lack of uptake. *BioControl*, 57(1), 1–20. <https://doi.org/10.1007/s10526-011-9395-1>
- van Lenteren, J. C., Blockmans, K., Kohl, J., Ravensberg, W. J. y Urbaneja, A. (2017). Biological control using invertebrates and microorganisms: plenty of new opportunities. *BioControl*, 63.
- Vangansbeke, D., Nguyen, D., Audenaert, J., Gobin, B., Tirry, L. y Clercq, P. (2016). Establishment of *Amblyseius swirskii* in greenhouse crops using food supplements. *Systematic and Applied Acarology*, 21(9). <https://doi.org/10.11158/saa.21.9.2>

- Varpe, S. S., Juvekar, A. R., Bidikar, M. P. y Juvekar, P. R. (2012). Evaluation of anti-inflammatory activity of *Typha angustifolia* pollen grains extracts in experimental animals. *Indian Journal of Pharmacology*, 44(6), 788–791. <https://doi.org/10.4103/0253-7613.103303>
- Warner, K. D. y Getz, C. (2008). A socio-economic analysis of the North American commercial natural enemy industry and implications for augmentative biological control. *Biological Control*, 45(1), 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2007.12.003>
- Wezel, A., Soboksa, G., McClelland, S., Delespesse, F. y Boissau, A. (2015). The blurred boundaries of ecological, sustainable, and agroecological intensification: a review. *Agronomy for Sustainable Development*, 35(4), 1283–1295. <https://doi.org/10.1007/s13593-015-0333-y>
- Wu, S., Tang, L., Fang, F., Li, D., Yuan, X., Lei, Z. y Gao, Y. (2018). Screening, Efficacy and Mechanisms of Microbial Control Agents Against Sucking Pest Insects as Thrips. En R. Jurenka y G. Smagghe (Eds.), *Advances in Insect Physiology Ser: Volume 55. Crop Protection (Vol. 55, pp. 199–217)*. Academic Press [Imprint]; Elsevier Science & Technology. <https://doi.org/10.1016/bs.aiip.2018.07.005>
- Yang, Q., Arthurs, S., Lu, Z., Liang, Z. y Mao, R. (2019). Use of horticultural mineral oils to control *potato virus Y* (PVY) and other non-persistent aphid-vectorated viruses. *Crop Protection*, 118(168), 97–103. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2019.01.003>
- Zhang, K. y Zhang, Z.-Q. (2021). The dried fruit mite *Carpoglyphus lactis* (Acari: Carpoglyphidae) is a suitable alternative prey for *Amblyseius herbicolus* (Acari: Phytoseiidae). *Systematic and Applied Acarology*. Publicación en línea avanzada. <https://doi.org/10.11158/saa.26.11.15>