

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



Proyecto Especial de Graduación

Evaluación de la efectividad biológica del hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana* y el ácaro depredador *Amblyseius swirskii* sobre *Frankliniella occidentalis* (Pergande) en el cultivo de chile (*Capsicum annum*) bajo invernadero

Estudiantes

Ilene Ivania Castillo

Edwards Antonio Rodriguez Concepcion

Asesores

Rogelio Trabanino, M. Sc.

Alejandra Sierra, M. Sc.

Miguel Cocom, Ing.

Honduras, 2021

Autoridades

TANYA MÜLLER GARCÍA

Rectora

ANA MARGARITA MAIER

Vicepresidenta y Decana Académica

ROGEL CASTILLO

Director del departamento de Ciencias y Producción Agrícola

HUGO ZAVALA MEMBREÑO

Secretario General

Contenido

Índice de Cuadros.....	5
Índice de Figuras	6
Índice de Anexos	7
Resumen	8
Abstract.....	9
Introducción.....	10
Materiales y Métodos.....	13
Ubicación del Ensayo	13
Fertilización.....	13
Tratamientos.....	14
Liberación de <i>Amblyseius swriskii</i>	16
Aplicación de <i>Beauveria bassiana</i>	16
Identificación Taxonómica	16
Variables Medidas y Método de Muestreo	17
Diseño Experimental.....	17
Análisis Estadístico	17
Resultados y Discusión.....	18
Promedio de Adultos de <i>Frankliniella occidentalis</i>	18
Porcentaje de Reducción de Adultos de <i>Frankliniella occidentalis</i>	19
Promedio de Ninfas de <i>Frankliniella occidentalis</i>	21

Porcentaje de Reducción de Ninfas de <i>Frankliniella occidentalis</i>	22
Conclusiones	24
Recomendaciones.....	25
Referencias.....	26
Anexos.....	30

Índice de Cuadros

Cuadro 1 Plan de fertilización del cultivo de chile morrón (<i>Capsicum annuum</i>).....	13
Cuadro 2 Tratamientos evaluados para el control de <i>F. occidentalis</i> en el cultivo de chile (<i>Capsicum annuum</i>) en el invernadero número seis de zona 3, Escuela Agrícola Panamericana.	14
Cuadro 3 Insecticidas utilizados en el manejo convencional en el cultivo de chile (<i>Capsicum annuum</i>) en el invernadero seis de zona 3, Escuela Agrícola Panamericana.....	15
Cuadro 4 Promedio de adultos de <i>F. occidentalis</i> por flor después de los tratamientos biológicos y el manejo convencional en el cultivo de chile (<i>Capsicum annuum</i>) dentro del invernadero seis de zona 3, Escuela Agrícola Panamericana	19
Cuadro 5 Porcentajes de reducción en la población de adultos de <i>F. occidentalis</i> por tratamiento respecto al testigo, utilizando agentes biológicos y manejo convencional.....	20
Cuadro 6 Promedio de ninfas de <i>F. occidentalis</i> por flor después de los tratamientos biológicos y el manejo convencional en el cultivo de chile (<i>Capsicum annuum</i>) dentro del invernadero seis de zona 3, Escuela Agrícola Panamericana	22
Cuadro 7 Porcentajes de reducción en la población de ninfas de <i>F. occidentalis</i> por tratamiento respecto al testigo, utilizando agentes biológicos y manejo convencional.....	23

Índice de Figuras

Figura 1 Distribución de los tratamientos en el invernadero número seis de zona 3, Escuela Agrícola Panamericana.	15
--	----

Índice de Anexos

Anexo A Preparación de tubos de ensayo con 20 ml alcohol al 40%. Se preparó 1 tubo por unidad experimental, para un total de 32 tubos.	30
Anexo B Colectar 5 flores al azar por unidad experimental y agregarlas al tubo correspondiente. ...	31
Anexo C Liberación de acaro depredador <i>A. swirskii</i> en el invernadero	32
Anexo D Aplicación de <i>Beauveria bassiana</i> en invernadero.	33

Resumen

Frankliniella occidentalis (Pergande) se considera una de las plagas más dañinas para los cultivos en invernadero a nivel mundial. Los objetivos del estudio fueron evaluar la eficacia del depredador, *Amblyseius swirskii* y el hongo entomopatógeno, *Beauveria bassiana* utilizando dos dosis y dos frecuencias de aplicación para el control de trips en invernadero. Se realizaron un total de seis muestreos durante un período de siete semanas. Para el muestreo se tomaron 10 flores al azar de cada unidad experimental y se depositaron en tubos de ensayo conteniendo alcohol al 40%. Luego se llevaron al laboratorio para el conteo de adultos y ninfas de trips utilizando un estereoscopio. Se usó un diseño completo al azar con ocho tratamientos y cuatro repeticiones por tratamiento. Se utilizó un análisis de varianza y una separación de medias con el método Duncan con un nivel de significancia $P \leq 0.05$. Los mayores porcentajes de reducción de la población se obtuvieron con el tratamiento de *B. bassiana* + *A. swirskii* aplicados semanalmente con un porcentaje de reducción de 73% en adultos y 85% en ninfas.

Palabras clave: control biológico, bioplaguicida, depredador, porcentaje de reducción, trips.

Abstract

Frankliniella occidentalis is considered one of the most damaging pests for greenhouse crops worldwide. The objectives of this study were to evaluate the efficacy of using the biological agents *Amblyseius swirskii* and *Beauveria bassiana* in different treatments to determine the optimal dose and application frequencies for the control of thrips in the greenhouse. Six samplings were carried out over a period of seven weeks. For sampling, 10 flowers were taken at random from each experimental unit and placed in test tubes containing 40% alcohol. They were then taken to the laboratory where the adults and nymphs of thrips were counted under a stereoscope. A Full Random Design with eight treatments and four repetitions per treatment was used. A variance analysis and a means separation with the Duncan method was used with a significance level $P \leq 0.05$. The highest percentages of population reduction were obtained with weekly *B. bassiana* + *A. swirskii* treatment with a reduction percentage of 73% in adults and 85% in nymphs.

Keywords: biological control, biopesticides, predator, reduction percentage, thrips.

Introducción

El chile morrón *Capsicum annuum* es una de las solanáceas con mayor demanda en el mundo, es un fruto muy consumido en nuestros países latinoamericanos. Sin embargo, también es uno de los cultivos que presentan mayores dificultades para el agricultor debido a los problemas de plagas que enfrentan (Linares et al. 2018). En total existen pérdidas económicas de hasta un 80% de la cosecha de chile a causa de las plagas (Linares et al. 2018; Guachan Fuertes 2019), de este porcentaje, se podría atribuir que un 46.25% son causada por los trips.

Frankliniella occidentalis es una de las plagas más importantes en la agricultura, notoria por el daño que causa a cultivos dentro de invernaderos. Estos pequeños insectos atraviesan por seis estadios: huevo, dos estadios ninfales, pre-pupa, pupa y adulto, completando su ciclo entre 9 a 16 días (Solís Calderón 2016). Cuentan con un aparato bucal tipo raspador chupador y causan daños directos e indirectos. El daño directo ocurre por las picaduras de ninfas y adultos al momento de succionar contenido celular de los tejidos, ya que su saliva fitotóxica produce lesiones superficiales de color blanquecino y luego el necrosamiento y deformación tanto en las hojas como en los frutos. También existe daño directo por ovoposición, ya que las hembras incrustan sus huevos en tejidos tiernos. Los daños indirectos son producto de la transmisión de virosis, *Frankliniella occidentalis* puede ser un vector de transmisión puesto que inyecta saliva al momento de alimentarse. Transmite principalmente el virus del bronceado del tomate (TSWV, Tomato Spotted Wilt Virus) que afecta al tomate, pimiento y ornamentales (Cáceres et al. 2011).

Para lograr el control de trips, el agricultor comúnmente recurre al uso de plaguicidas químicos. Sin embargo, se ha acumulado suficiente evidencia de los riesgos que conlleva el uso excesivo e indiscriminado de los plaguicidas para la salud y el ambiente, riesgos que además comprometen la sostenibilidad de los sistemas agrícolas (Puerto Rodriguez et al. 2014).

Una alternativa que está siendo rápidamente implementada es el uso de control biológico, mediante el uso de enemigos naturales y otros microorganismos. Para fines de esta investigación, se

implementará el uso del hongo entomopatógeno, *Beauveria bassiana*, y el acaro depredador *Amblyseius swirskii*, para el control de trips en el cultivo de chile morrón bajo invernadero. Ambos agentes biológicos son producidos en el laboratorio de control biológico de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Se decidió hacer uso de estos dos agentes biológicos importantes, tanto de manera independiente como en conjunto, ya que la combinación de varios agentes biológicos puede permitir un control total de plagas. Sin embargo, las interacciones entre diferentes agentes de control biológico son complejas y pueden potencialmente interrumpir las funciones de otro debido a la competencia y depredación intragremial (Midthassel et al. 2016).

Beauveria bassiana es un hongo entomopatógeno, el cual es capaz de atacar a un gran número de insectos, pertenece a la clase deuteromicetes y es considerado uno de los agentes de control biológico más eficiente en la agricultura. Las infecciones que este hongo causa a los insectos son fáciles de detectar por el micelio que produce, estos se pueden observar sobre el cuerpo o articulaciones de los insectos posterior a su muerte (Castillo et al. 2012). Este hongo tiene un modo de acción que se puede describir en varias etapas: adhesión, germinación, penetración, producción de toxinas, muerte del insecto, multiplicación y crecimiento (Arboleda Valverde 2019). *B. bassiana* ha resultado efectivo en el control de adultos y ninfas de trips *F. occidentalis* en concentraciones de 10 g/L de agua obteniendo un control de 77% y concentraciones bajas de 1 g/L de agua obteniendo un control de 69% (Fernández Guagalango 2020).

Amblyseius Swirskii es un ácaro depredador de la familia Phytoseiidae. Esta familia es considerada uno de los grupos de enemigos naturales más importantes en cuanto al control biológico en invernadero (Gerson y Weintraub 2007). *Amblyseius swirskii* es originario del área mediterránea y tiene cinco estadios en su ciclo de vida: huevo, larva, protoninfa, deutoninfa y adulto (Doğramaci et al. 2013). El periodo huevo-adulto puede durar aproximadamente cinco días si la alimentación del ácaro es basada en presas, a una temperatura promedio de 25 °C (Park et al. 2010). Es considerado un ácaro depredador generalista de tipo III, es decir que no solo se alimenta de diferentes presas

naturales como trips y mosca blanca, sino también de otros alimentos que no son presas por ejemplo: polen, néctar, exudados de plantas, melaza y líquido picnial de hongos (McMurtry et al. 2013). La dosis recomendada es de 25 individuos/m² usado de manera preventiva y 100-300 individuos/m² como mínimo cuando usado de manera curativa, sin embargo, la curativa se aconseja siempre usar en combinación con otros organismos benéficos (Koppert 2021). A 25 °C, la longevidad esperada de los ácaros *A. swirskii* será de 25.8 días y la fecundidad tiene un pico máximo de 16 huevos por hembra (Lee y Gillespie 2011). Los ácaros depredadores adultos buscan su presa, le insertan el aparato bucal tipo picador chupador que utilizan para succionar los jugos internos del insecto hasta secarlo. Un adulto es capaz de consumir hasta cinco larvas jóvenes de trips por día a 25°C (Navarro Cuesta et al. 2011). El acaro *A. swirskii* controla los trips a nivel de ninfa, llegando a tener una disminución de la población ninfal en un rango 81.1%-87.4% en cultivo de chile en condiciones de semi-campo invernadero (Belda y Calvo 2006).

Los objetivos de esta investigación fueron: determinar la efectividad biológica de *Beauveria bassiana* y *Amblyseius swirskii*, para el control de trips en estadios ninfales y adultos en el cultivo de chile morrón; determinar el efecto sobre la población de trips al utilizar una combinación de ambos enemigos naturales; y, determinar dosis y frecuencia de aplicación y liberación para el uso de *Amblyseius swirskii* y *Beauveria bassiana*.

Materiales y Métodos

Ubicación del Ensayo

El ensayo se realizó en un cultivo de chile morrón de la variedad Alliance en el invernadero número seis de zona 3 de la Escuela Agrícola Panamericana, ubicada en el departamento Francisco Morazán, Honduras. Zamorano está ubicado a una altura de 800 msnm y una temperatura promedio de 29 °C. El invernadero tiene una dimensión de 70 × 10 metros, con un cultivo de chile de cuatro meses de edad, 1.4 metros de altura, tutorado en una doble hilera con camas de 30 × 1 metro, con una distancia de 0.5 m entre hilera y 1.5 m entre camas y creciendo en hidroponía modificada con el sustrato de 1:1 compost olote de maíz.

Fertilización

Se utilizó el plan de fertilización descrito en el Cuadro 1. Este plan se elaboró de acuerdo con los requerimientos nutricionales del cultivo de chile morrón. Las aplicaciones de los fertilizantes se realizaron mediante la técnica de fertirriego, esta técnica permite aplicar los fertilizantes diluidos en el agua y dirigido por las tuberías de riego hasta llenar a los goteros localizados en cada planta. El día que correspondía la aplicación de dichos fertilizantes se realizaba tanto en mañana como en la tarde cubriendo un área total de 4,200 m².

Cuadro 1

Plan de fertilización del cultivo de chile morrón (Capsicum annum)

Fertilizante (g)	Lunes	Miércoles	Viernes
Fosfato monopotásico	698	-	-
Fosfato monoamónico	-	-	584
Nitrato de amonio	-	-	5,276
Nitrato de calcio	16,994	-	-
Nitrato de potasio	-	7,222	-
Sulfato de magnesio	-	5,760	-
Sulfato de Potasio	12300	-	12,458
Urea	-	2,678	-

Tratamientos

Se evaluaron dos tratamientos con *Amblyseius swirskii* de 250 individuos/m², en intervalos semanal y quincenal, y dos tratamientos de 500 individuos/m², también de forma semanal y quincenal. En dos tratamientos se evaluó la combinación de *Amblyseius swirskii* + *Beauveria bassiana*, ambos tratamientos consistieron en la liberación de 500 individuos/planta de *A. swirskii* y 240g/ha de *B. bassiana*, liberados semanal y quincenalmente. Un tratamiento consistió en solamente *Beauveria bassiana* en dosis de 240 g/ha semanal (Cuadro 2). Los tratamientos biológicos se compararon contra el manejo convencional el cual está descrito en el Cuadro 3.

Cuadro 2

Tratamientos evaluados para el control de F. occidentalis en el cultivo de chile (Capsicum annum) en el invernadero número seis de zona 3, Escuela Agrícola Panamericana

#	Tratamientos	Dosis utilizada
1	<i>Amblyseius swirskii</i> semanal	250 ácaros/m ²
2	<i>Amblyseius swirskii</i> quincenal	250 ácaros/m ²
3	<i>Amblyseius swirskii</i> semanal	500 ácaros/m ²
4	<i>Amblyseius swirskii</i> quincenal	500 ácaros/m ²
5	<i>Amblyseius swirskii</i> + <i>B. bassiana</i> semanal	500 ácaros/m ² + 240 g/ha
6	<i>Amblyseius swirskii</i> + <i>B. bassiana</i> quincenal	500 ácaros/m ² + 240 g/ha
7	<i>Beauveria bassiana</i> semanal (4.1 x 10 ⁸ conidios viables/g)	240 g/ha
8	Manejo Convencional	(Cuadro 3)

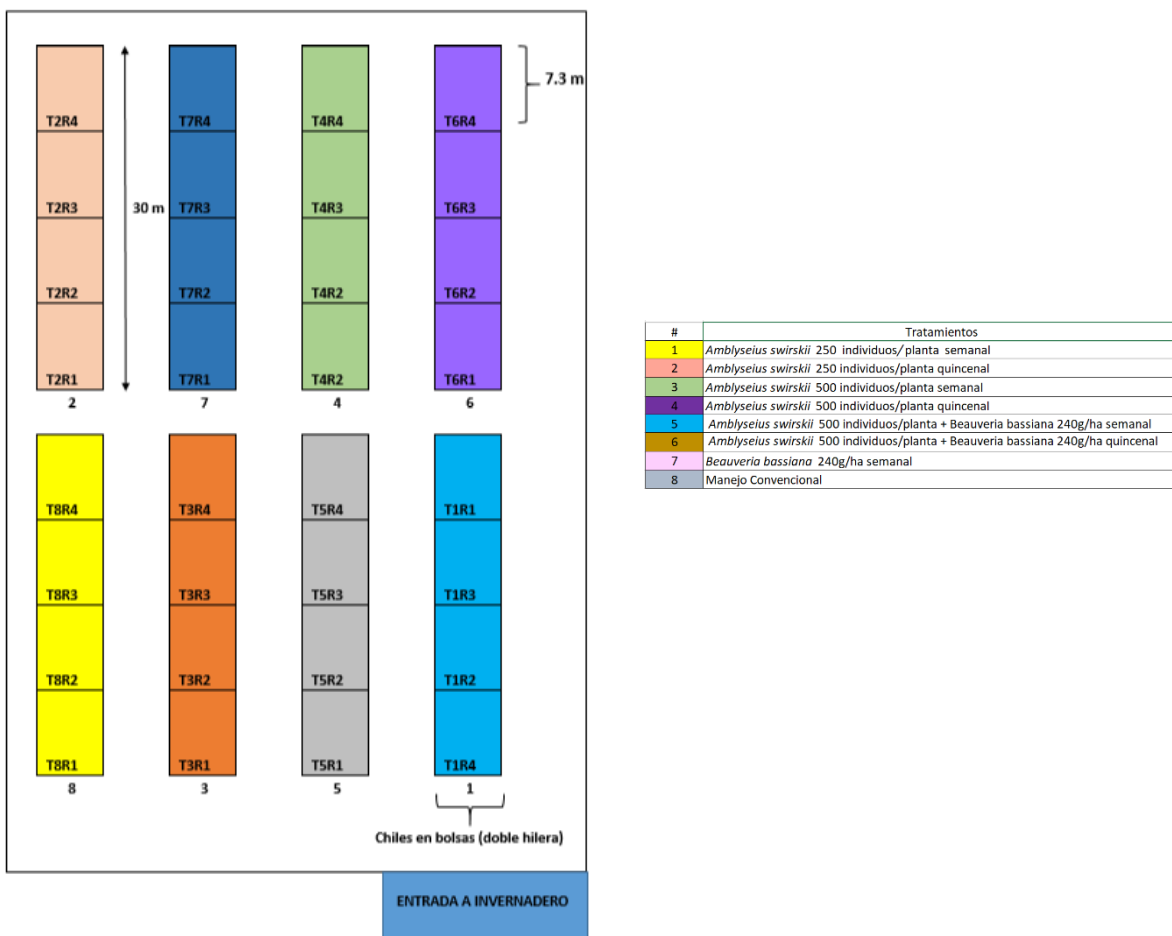
Cuadro 3

Insecticidas utilizados en el manejo convencional en el cultivo de chile (Capsicum annuum) en el invernadero seis de zona 3, Escuela Agrícola Panamericana

Insecticida	Modo de acción	Dosis mL/L	Fecha de aplicación
Movento 15 OD	Sistémico	0.8	24/03/2021
Solvigo	De contacto y sistémico	0.8	31/03/2021
Proclaim 550g granulado	De contacto y por ingestión	0.3	06/04/2021
Pegasus	Translaminar	1	13/04/2021
Sunfire 24 SC	De contacto y por ingestión	0.9	20/04/2021
Sivanto SL 200	Sistémico	1	27/04/2021

Figura 1

Distribución de los tratamientos en el invernadero número seis de zona 3, Escuela Agrícola Panamericana



Liberación de *Amblyseius swirskii*

Se realizaron seis liberaciones del acaro *Amblyseius swirskii* para los tratamientos semanales, los días 0, 7, 14, 21, 28 y 35 después del conteo inicial y tres para los tratamientos quincenales los días 0, 14 y 28 después del conteo inicial, en horas de la tarde (3:30pm). Los ácaros vienen mezclados en un sustrato de casulla de arroz y afrecho, cada gramo del sustrato contiene 200 ácaros, por lo cual se colocaron 42 g del sustrato por cama (0.21 g por planta) para los tratamientos con 250 ácaros/m² y 84 g por cama (0.42g por planta) para los tratamientos con 500 ácaros/m². La liberación se hizo en la parte superior de la planta sobre las hojas del chile.

Aplicación de *Beauveria bassiana*

La aplicación de *Beauveria bassiana* se realizó con un aspersor de mochila de motor marca Arimitsu con boquilla de cono hueco, descargando un volumen de aplicación de 350 L/ha a una presión de 40 psi según la especificación de fabricante. Se aplicó un total de 1.33 g de *Beauveria bassiana* diluidos en 4 litros de agua por tratamiento. Al momento de hacer la mezcla, se utilizó 0.25 mL Tween 80 por litro de agua, el cual actúa como coadyuvante, rompiendo la tensión superficial de agua. Las aplicaciones fueron realizadas los días jueves a las 3:30 pm, con el fin de que las altas temperaturas del día no tuviesen un efecto negativo sobre la germinación de *B. bassiana*. Se hicieron seis aplicaciones para los tratamientos semanales, a los días 1, 8, 15, 22, 29 y 36 después del conteo inicial. Para los tratamientos quincenales se realizaron 3 aplicaciones a los días 1, 15, 29 después del conteo inicial.

Identificación Taxonómica

Se tomaron muestras de trips del cultivo, las cuales fueron llevadas al laboratorio de entomología para su posterior identificación.

Variables Medidas y Método de Muestreo

Se midió la población de *Frankliniella occidentalis* adultos y ninfas encontrados vivos por flor muestreada. Para realizar el muestreo se tomaron 10 flores al azar de cada unidad experimental. Estas flores se colocaron en un frasco con alcohol etílico al 40% y luego fueron transportados al laboratorio de la unidad de control biológico de Zamorano para su análisis. Cada frasco se agito manualmente, se vertió en un embudo de papel filtro y se dejó drenar completamente. Posteriormente el papel filtro fue colocado bajo el estereoscopio y se contabilizó el número de adultos y ninfas de trips presentes para luego sacar un promedio por flor. Se realizó un muestreo inicial y posteriormente un muestreo semanal a lo largo de seis semanas.

Se utilizó la fórmula de Abbott (1925), expresando los resultados como porcentaje de reducción en relación al testigo. Para este análisis se consideró que la lectura del muestreo inicial (día cero) de cada tratamiento, sería considerada como el testigo.

$$\% \text{ de reducción en relación al testigo} = \left(\frac{\text{Observación del día 0} - \text{Observación del día x}}{\text{Observación del día 0}} \right) \times 100$$

Diseño Experimental

Se realizó un diseño completo al azar (DCA) con ocho tratamientos y cuatro repeticiones. Los tratamientos fueron distribuidos completamente al azar, obteniendo un total de 32 unidades experimentales. Cada unidad experimental consistió de ocho metros de largo de doble hilera de cultivo de chile morrón con aproximadamente 50 plantas.

Análisis Estadístico

Los datos de promedio de trips por flor fueron sometidos a una transformación de raíz cuadrada mientras los datos de porcentaje de reducción fueron sometidos a una transformación de raíz cuadrada + 10 y se analizaron los resultados utilizando un modelo lineal general (GLM) y una separación de medias con DUNCAN, mediante el uso del programa "Statistical Analysis System" (SAS 9.4®) con un nivel de significancia de $P \leq 0.05$.

Resultados y Discusión

Promedio de Adultos de *Frankliniella occidentalis*

El muestreo inicial realizado antes de la liberación/aplicación de los tratamientos, mostro una gran variabilidad en el promedio de trips adultos por flor y esta variabilidad fue diferente significativamente ($P \leq 0.05$) entre los tratamientos. Esto es debido a que el ensayo se llevó a cabo en un campo de producción, donde ya existía la plaga. De los tratamientos evaluados, los tratamientos 500 *Amblyseius swirskii* + *Beauveria bassiana* semanal y *B. bassiana* semanal, obtuvieron los mayores promedios de trips por flor en el muestreo inicial (cero), sin embargo, en el muestreo seis, presentaron los promedios más bajos de trips adulto por flor, terminando con 1.1 y 1.0 respectivamente, sin diferencia estadísticamente significativa entre ellos ($P > 0.05$) (Cuadro 4). Sin embargo, es importante notar que si son estadísticamente diferentes al manejo convencional el cual presento un mayor promedio de trips, con 1.9 trips adulto por flor.

Estos resultados son menores a los obtenidos por Mendoza Ulloa y Toledo Marquez (2019), quienes obtuvieron un promedio de 5.8 adultos de trips por planta usando una concentración de 1×10^{12} conidios viables/g. Sin embargo, ellos comenzaron su ensayo con una población promedio de 17 adultos de trips por planta, lo cual es mucho mayor a los 3 trips por flor en el muestreo inicial de este ensayo. El tratamiento que presento el promedio más alto de trips por flor en el muestreo final fue el tratamiento de 500 *A. swirskii* quincenal, con un promedio de adultos de 3.2, siendo estadísticamente diferente a los tratamientos 250 *A. swirskii* semanal, 500 *A. swirskii* + *B. bassiana* semanal, *B. bassiana* semanal y el manejo convencional.

El tratamiento 500 *Amblyseius swirskii* + *Beauveria bassiana* semanal demostró ser el más eficiente en cuanto al control de trips adultos, demostrando que estos dos agentes biológicos son compatibles entre sí. Esto concuerda con el estudio llevado a cabo por Midthassel et al. (2016) donde se concluyó que *Beauveria bassiana*, no tiene efectos deletéreos sobre el fitoseído *Amblyseius swirskii* y pueden ser compatibles para el control de plagas.

Cuadro 4

Promedio de adultos de F. occidentalis por flor después de los tratamientos biológicos y el manejo convencional en el cultivo de chile (Capsicum annum) dentro del invernadero seis de zona 3, Escuela Agrícola Panamericana

Tratamientos	Muestreo						
	0	1	2	3	4	5	6
250 <i>A. swirskii</i> S	1.3 de*	1.8 a	1.8 b	1.9 bc	1.9 bc	1.9 b	1.8 c
250 <i>A. swirskii</i> Q	1.5 cde	2.1 a	2.6 ab	4.7 a	3.0 ab	2.8 ab	2.7 ab
500 <i>A. swirskii</i> S	1.9 cd	2.2 a	2.7 ab	2.8 abc	4.3 a	2.1 ab	2.3 abc
500 <i>A. swirskii</i> Q	2.1 bcd	1.6 a	2.8 ab	3.8 ab	3.5 ab	3.2 a	3.2 a
<i>A. swirskii</i> + <i>B. bassiana</i> S	3.6 a	2.7 a	3.2 a	3.0 abc	3.0 ab	1.9 b	1.0 d
<i>A. swirskii</i> + <i>B. bassiana</i> Q	0.9 e	0.5 b	2.4 ab	3.4 abc	3.3 ab	2.3 ab	2.2 abc
<i>B. bassiana</i> S	3.2 ab	2.7 a	3.0 ab	2.8 bc	1.4 c	1.9 b	1.1 d
Manejo convencional	2.5 ab	2.4 a	3.0 ab	1.8 c	3.7 ab	2.2 b	1.9 bc
Probabilidad	0.0007	0.0047	0.3436	0.0313	0.0187	0.0015	<.0001
R ²	0.76	0.66	0.23	0.35	0.31	0.47	0.58
CV	14.75	17.89	23.28	30.19	28.21	18.83	19.17

Nota. *Medias con diferente letra en cada columna son estadísticamente diferentes (P<0.05) con prueba Duncan.

S: Semanal

Q: Quincenal

Porcentaje de Reducción de Adultos de *Frankliniella occidentalis*

Cuando comparamos los promedios de trips adultos por flor con el testigo, que en este caso fue el promedio de adultos en el muestreo inicial, se puede observar que el mayor porcentaje de reducción al final de la evaluación se obtuvo en los tratamientos *B. bassiana* semanal y 500 *Amblyseius swirskii* + *Beauveria bassiana* semanal, obteniendo un porcentaje de reducción en la población de adultos de 66 y 73% respectivamente (Cuadro 5). Estos tratamientos no presentaron diferencia significativa entre ellos, obteniendo un porcentaje de reducción mayor que el manejo convencional, cual presentó una reducción de 25%.

Se puede apreciar que los tratamientos con solamente *A. swirskii*, en general no tuvieron reducción (Cuadro 5), resaltando el hecho que el depredador *Amblyseius swirskii* ejerce mayormente su acción en larvas de *Frankliniella occidentalis* que en adultos, como indicado por Doğramaci et al. (2013). Solamente los tratamientos 500 *Amblyseius swirskii* + *Beauveria bassiana* semanal y *B. bassiana* semanal, presentaron reducción en todos los muestreos, siendo estadísticamente mejor que el manejo convencional.

En el caso de la *Beauveria bassiana*, estos resultados son similares a aquellos encontrados por Mendoza Ulloa y Toledo Marquez (2019), quienes obtuvieron una reducción de *F. occidentalis* adultos de 76% usando *B. bassiana* en concentración de 1×10^{12} . La baja reducción en el tratamiento convencional se puede deber a una mala aplicación, esta puede ser debida al arreglo de las camas, ya que al estar en doble hilera se dificulta hacer una aplicación homogénea.

Cuadro 5

Porcentajes de reducción en la población de adultos de F. occidentalis por tratamiento respecto al testigo, utilizando agentes biológicos y manejo convencional

Tratamientos	Muestreos					
	1	2	3	4	5	6
250 <i>A. swirskii</i> S	0 c*	0 c	0 b	0 c	0 b	0 c
250 <i>A. swirskii</i> Q	0 c	0 c	0 b	0 c	0 b	0 c
500 <i>A. swirskii</i> S	0 c	0 c	0 b	0 c	0 b	0 c
500 <i>A. swirskii</i> Q	21.85 ab	0 c	0 b	0 c	0 b	0 c
<i>A. swirskii</i> + <i>B. bassiana</i> S	23.97 ab	10.3 a	15.7 ab	16.1 b	47.0 a	73.22 a
<i>A. swirskii</i> + <i>B. bassiana</i> Q	50.50 a	0 c	0 b	0 c	0 b	0 c
<i>B. bassiana</i> S	15.9 ab	6.4 ab	12.6 b	56.2 a	38.7 a	65.7 a
Manejo convencional	4.01 bc	0 c	30 a	0 c	12.8 b	24.9 b
Probabilidad	0.0032	0.0022	0.0007	<.0001	<.0001	<.0001
R ²	0.65	0.38	0.42	0.85	0.70	0.90
CV	17.73	11.89	19.70	10.61	16.76	10.56

Nota. *Medias con diferente letra en cada columna son estadísticamente diferentes ($P < 0.05$) con prueba Duncan.

S: Semanal

Q: Quincenal

Promedio de Ninfas de *Frankliniella occidentalis*

El muestreo inicial (cero) antes de la liberación/aplicación se encontró diferencia significativa ($P \leq 0.05$) en los tratamientos respecto al promedio de ninfas de trips por flor. Los tratamientos de 500 *A. swirskii* + *Beauveria bassiana* semanal y el manejo convencional tuvieron un comportamiento similar durante todo el ensayo, sin diferencia significativa entre ellos en ninguno de los muestreos. Sin embargo, en el muestreo seis no se encontró diferencia significativa entre los tratamientos en los que se utilizó 500 *A. swirskii* semanal, 500 *A. swirskii* + *Beauveria bassiana* semanal, *Beauveria bassiana* y el manejo convencional, en estos tratamientos el promedio de ninfas fue significativamente menor que el resto de los tratamientos (Cuadro 6).

A lo largo de las seis semanas se observó una constante fluctuación en la cantidad de ninfas de trips por flor. Las fluctuaciones de presencia de ninfas de trips en las flores es debido a la disminución la cantidad de presas presentes, ya que esto disminuye la tasa de consumo y la tasa de reproducción de *A. swirskii* (Belda y Calvo 2006), mientras la tasa de reproducción de trips adultos presentes sigue constante durante toda su vida, llegando a producir hasta siete individuos por día y en algunos casos, teniendo una fecundidad total de 200 individuos por hembra (Robb y Perella 1991); causando un aumento en la cantidad de ninfas de trips.

El tratamiento que termino con el promedio más alto de ninfas de trips fue 250 *A. swirskii* semanal, terminando con un promedio de 7 ninfas de trips por flor, este tratamiento no presento diferencias estadísticamente significativas con los tratamientos de 500 *A. swirskii* quincenal y 500 *A. swirskii* + *B. bassiana* quincenal, los cuales obtuvieron valores de 6.8 y 5.9 ninfas por flor respectivamente. Estos valores superan el umbral de daño económico en Chile, cual es 6 trips/flor (Demirozer et al. 2012; Funderburk et al. 2018).

Cuadro 6

Promedio de ninfas de F. occidentalis por flor después de los tratamientos biológicos y el manejo convencional en el cultivo de chile (Capsicum annum) dentro del invernadero seis de zona 3, Escuela Agrícola Panamericana

Tratamientos	Muestreo						
	0	1	2	3	4	5	6
250 <i>A. swirskii</i> S	4.3 ab*	14.3 a	13.5 a	3.1 ab	4.6 b	4.3 a	4.1 bc
250 <i>A. swirskii</i> Q	4.8 ab	14.8 a	14.5 a	3.3 ab	5.4 ab	4.6 a	7.1 a
500 <i>A. swirskii</i> S	3.3 b	14.3 a	17.5 a	2.8 bc	4.1 bc	0.8 b	0.9 d
500 <i>A. swirskii</i> Q	4.2 ab	9.0 b	18.6 a	4.1 ab	7.4 a	4.9 a	6.8 a
<i>A. swirskii</i> + <i>B. bassiana</i> S	7.6 a	14.4 a	8.0 b	1.2 c	2.1 d	1.1 b	1.1 d
<i>A. swirskii</i> + <i>B. bassiana</i> Q	4.7 ab	6.4 b	13.3 a	4.9 a	6.2 ab	4.6 a	5.9 ab
<i>B. bassiana</i> S	6.5 ab	8.6 b	7.8 b	3.4 ab	4.1 bc	1.8 b	3.0 cd
Manejo convencional	8.2 a	17.7 a	3.5 b	2.4 bc	2.6 cd	1.1 b	2.7 cd
Probabilidad	0.0383	0.0018	<.0001	0.0052	<.0001	<.0001	<.0001
R ²	0.56	0.69	0.55	0.35	0.56	0.70	0.72
CV	21.32	13.18	23.52	31.48	22.89	27.79	25.14

Nota. *Medias con diferente letra en cada columna son estadísticamente diferentes (P<0.05) con prueba Duncan.

S: Semanal

Q: Quincenal

Porcentaje de Reducción de Ninfas de *Frankliniella occidentalis*

Se puede apreciar que con ningún tratamiento se logró el control total de las ninfas, sin embargo, el tratamiento que presentó el mayor porcentaje de reducción de ninfas de trips al final del ensayo fue el tratamiento de 500 *A. swirskii* + *B. bassiana* semanal con un porcentaje de reducción de 85.1% (Cuadro 7). No se encontraron diferencias estadísticamente significativas al compararlo con el tratamiento 500 *A. swirskii*/m² semanal y el manejo convencional los cuales presentaron un porcentaje de reducción de 71 y 66.9% respectivamente (Cuadro 7).

Se observa que la mayoría de los tratamientos quincenales solo tuvieron reducción las semanas en las cuales se hizo liberación de *A. swirskii*, esto nos indica que la longevidad de los *A. swirskii* fue menor a los 14.9-22.2 días esperados (Lee y Gillespie 2011). Se debe tomar en cuenta que el desarrollo de las poblaciones de *A. swirskii* depende de varios factores como humedad y temperatura (Park et al. 2010; Lee y Gillespie 2011), los cuales pudieron haber afectado los resultados.

El tratamiento que redujo la población de ninfas de manera más rápida fue el manejo convencional, presentando una reducción con relación al testigo de 56.69% en el muestreo dos,

mientras los tratamientos biológicos no mostraron reducción alguna (Cuadro 7). Esto concuerda con lo dicho por Cisnero (1995), quien indicó que los efectos del control químico son más rápidos que cualquier otra forma de represión. Mientras fue el tratamiento que actuó de forma más veloz, desde el muestreo cinco, no se observaron diferencias significativas al comparar el manejo convencional con 500 *A. swirskii* semanal, *B. bassiana* semanal y 500 *A. swirskii* + *B. bassiana* semanal. Lo que indica que cualquiera de estos tres tratamientos puede ser usados como alternativa al manejo convencional, el cual lleva una serie de plaguicidas. Se deduce que cualquiera de estos cuatro tratamientos es efectivo controlando las poblaciones de ninfas de trips, pero el uso combinado de *B. bassiana* y *A. swirskii* semanal presenta un mayor porcentaje de reducción que usarlos de manera independiente.

Cuadro 7

Porcentajes de reducción en la población de ninfas de F. occidentalis por tratamiento respecto al testigo, utilizando agentes biológicos y manejo convencional

Tratamientos	Muestras					
	1	2	3	4	5	6
250/m <i>A. swirskii</i> S	0	0 b*	27.2 de	0 b	1.2 c	4.7 c
250/m <i>A. swirskii</i> Q	0	0 b	31.0 cd	0 b	4.2 b	0 c
500/m <i>A. swirskii</i> S	0	0 b	15.0 ef	0 b	74.7 a	71.0 ab
500/m <i>A. swirskii</i> Q	0	0 b	2.4 fg	0 b	0 c	0 c
<i>A. swirskii</i> + <i>B. bassiana</i> S	0	0 b	84.5 a	71.7 a	85.7 a	85.1 a
<i>A. swirskii</i> + <i>B. bassiana</i> Q	0	0 b	0 g	0 b	2.6 bc	0 c
<i>B. bassiana</i> S	0	0 b	48.0 bc	0 b	72.1 a	54.6 b
Manejo convencional	0	56.7 a	71.2 ab	63.2 a	86.1 a	66.9 ab
Probabilidad		<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
R ²		0.99	0.74	0.96	0.97	0.96
CV		1.9	15.39	7.2	6.00	7.44

Nota. *Medias con diferente letra en cada columna son estadísticamente diferentes (P<0.05) con prueba Duncan.

S: Semanal

Q: Quincenal

Conclusiones

El hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana* demostró un control de 66% para adultos y 55% para ninfas de *Frankliniella occidentalis*, mientras el depredador *Amblyseius swirskii* demostró ser efectivo solo para ninfas con un control de 71% en cultivo de chile morrón bajo invernadero.

Los agentes biológicos *Beauveria bassiana* y *Amblyseius swirskii* demostraron ser más eficientes usados en conjunto que solos, logrando el mejor control en ninfas con 85% y en adultos con 73% de control de trips.

La mejor dosis en el control de trips es utilizar 500 individuos *Amblyseius swirskii* + *Beauveria bassiana* (240 g/ha) aplicando de forma semanal.

Recomendaciones

Registrar la temperatura y humedad para determinar cómo estos factores afectan los resultados del ensayo.

Realizar evaluaciones suministrando ácaros, polen, melaza o néctar como fuente alimento para *Amblyseius swirskii* y determinar cómo beneficia a supervivencia y tasa de reproducción.

Reemplazar el uso de *B. bassiana* por el depredador *Orius insidiosus*.

Referencias

- Abbott WS. 1925. A Method of Computing the Effectiveness of an Insecticide. *J Econ Entomol.* 18(2):265–267. doi:10.1093/jee/18.2.265a.
- Arboleda Valverde FM. 2019. Incidencia de la *Beauveria bassiana* en el control de insectos [Trabajo de titulación]. Ecuador: Technical University of Babahoyo; [consultado el 10 de jun. de 2021]. <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/7213/E-UTB-FACIAG-ING%20AGRON-000214.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Belda JE, Calvo J. 2006. Eficacia de *Amblyseius swirskii* Athias-Henriot (Acari:Phytoseiidae) en el control biológico de *Bemisia tabaci* (Genn.) (Hom.:Aleyrodidae) y *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thys.: Thripidae) en pimiento en condiciones de semicampo. *Boletín de sanidad vegetal. Plagas*; [consultado el 28 de may. de 2021]. 32:283-269. <https://cutt.ly/mQysfwB>.
- Cáceres S, Miño VS, Aguirre A. 2011. Guía Práctica para la Identificación y el Manejo de las Plagas del Pimiento. 2ª ed. Bella Vista: Ediciones INTA. 91 p. ISBN: 978-987-679-091-8; [consultado el 28 de may. de 2021]. https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-gua_prctica_para_la_identificacin_y_el_manejo_de_1.pdf.
- Castillo CE, Cañizales LM, Valera R, Godoy JC, Guedez C, Olivar R, Murillo S. 2012. Caracterización morfológica de *Beauveria bassiana*, aislada de diferentes insectos en Trujillo- Venezuela. *Academia*; [consultado el 30 de may. de 2021]. 11(23). <https://cutt.ly/HQysJ3C>.
- Cisnero F. 1995. Control de plagas agrícolas. Lima, Perú: [sin editorial] ; [consultado el 13 de jul. de 2021]. http://www.avocadosource.com/books/cisnerosfausto1995/cpa_toc.htm.
- Demirozer O, Tyler-Julian K, Funderburk J, Leppla N, Reitz S. 2012. *Frankliniella occidentalis* (Pergande) integrated pest management programs for fruiting vegetables in Florida. *Pest Manag Sci.* 68(12):1537–1545. eng. doi:10.1002/ps.3389.

- Doğramaci M, Kakkar G, Kumar V, Chen J, Arthurs S. 2013. Swirski mite (suggested common name) *Amblyseius swirskii* Athias-Henriot (Arachnida: Mesostigmata: Phytoseiidae). EDIS. 2013(7). doi:10.32473/edis-in1001-2013.
- Fernández Guagalango TR. 2020. Evaluación de la aplicación de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* para el control de trips (*Frankliniella occidentalis*) en rosas [Trabajo de titulación]. Quito, Ecuador: Universidad Central del Ecuador; [consultado el 19 de jun. de 2021]. <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/21410/1/T-UCE-0004-CAG-243.pdf>.
- Funderburk J, Reitz S, Stansly P, Freeman J, Miller C, McAvoy G, Whidden A, Demirozer O, Nuessly G, Leppla N. 2018. Managing Thrips in Pepper and Eggplant. [sin lugar]: Entomology and Nematology; [actualizado el 27 de jun. de 2021; consultado el 27 de jun. de 2021]. <https://edis.ifas.ufl.edu/publication/IN401>.
- Gerson U, Weintraub PG. 2007. Mites for the control of pests in protected cultivation. Pest Manag Sci. 63(7):658–676. eng. doi:10.1002/ps.1380.
- Guachan Fuertes BY. 2019. Principales plagas y enfermedades en el cultivo de pimiento (*Capsicum annum* L.), en el barrio Santa Rosa, cantón Urcuquí [Trabajo de titulación]. Ecuador: Technical University of Babahoyo; [consultado el 16 de jun. de 2021]. <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/6407/E-UTB-FACIAG-ING%20AGRON-000173.pdf?sequence=4&isAllowed=y>.
- Koppert. 2021. Swirski-Mite. [sin lugar]: [sin editorial]; [actualizado el 9 de jun. de 2021; consultado el 9 de jun. de 2021]. en. <https://www.koppert.com/swirski-mite/>.
- Lee H-S, Gillespie DR. 2011. Life tables and development of *Amblyseius swirskii* (Acari: Phytoseiidae) at different temperatures. Exp Appl Acarol. 53(1):17–27. eng. doi:10.1007/s10493-010-9385-5.
- Linares LR, Serrano RF de, León A de. 2018. Cultivo de Chile Dulce: Guía Técnica. El Salvador: Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal "Enrique Álvarez Córdova". 47 p; [consultado el

28 de may. de 2021]. http://centa.gob.sv/docs/guias/hortalizas/Guia%20Centa_Chile%20Dulce%202019.pdf.

McMurtry JA, Moraes GJ, Sourassou NF. 2013. Revision of the lifestyles of phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae) and implications for biological control strategies. *Systematic and Applied Acarology*. 18(4):297–320. doi:10.11158/saa.18.4.1.

Mendoza Ulloa JG, Toledo Marquez JJ. 2019. El uso de agentes biológicos para el control de *Frankliniella occidentalis* (Pergande) en el cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.) [Tesis]. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. 24 p; [consultado el 28 de may. de 2021]. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/6703/1/CPA-2019-T048.pdf>.

Midthassel A, Leather SR, Wright DJ, Baxter IH. 2016. Compatibility of *Amblyseius swirskii* with *Beauveria bassiana*: two potentially complimentary biocontrol agents. *BioControl*. 61(4):437–447. doi:10.1007/s10526-016-9718-3.

Navarro Cuesta V, Lara Acedo L, Fernández Fernández M. 2011. Colección de fichas de organismos de control biológico en cultivos hortícolas protegidos. Córdoba: Consejería Agricultura y Pesca, Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera; [consultado el 13 de jun. de 2021]. http://www.controlbiologico.info/index.php/es/publicaciones/item/coleccion-de-fichas-de-plagas-en-cultivos-hortícolas-protegidos?category_id=72.

Park H-H, Shipp L, Buitenhuis R. 2010. Predation, development, and oviposition by the predatory mite *Amblyseius swirskii* (Acari: Phytoseiidae) on tomato russet mite (Acari: Eriophyidae). *J Econ Entomol*. 103(3):563–569. eng. doi:10.1603/ec09161.

Puerto Rodriguez AM, Suárez Tamayo S, Palacio Estrada DE. 2014. Efectos de los plaguicidas sobre el ambiente y la salud. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*; [consultado el 28 de may. de 2021]. 52(3):372–387. <http://scielo.sld.cu/pdf/hie/v52n3/hig10314.pdf>.

Robb KL, Perella MP. 1991. Western flower thrips, a serious pest of floricultural crops. En: Parker BL, Skinner M, Lewis T, editores. Towards Understanding Thysanoptera. Northeastern Research Station: Department of Agriculture, Forest Service, Northeastern Forest Experiment Station. p. 343–357 (General Technical Report; vol. 147); [consultado el 7 de ene. de 2021]. <https://www.fs.usda.gov/treesearch/pubs/13580>.

Solís Calderón P. 2016. Plan de manejo de trips en el cultivo del aguacate hass: Innovación para la seguridad alimentaria y nutricional en Centroamérica y Panamá. San Jose, Costa Rica: INTA. ISBN: 978-9968-586-25-2. <https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/14145/bve21011306e.pdf?sequence=1>.

Anexos

Anexo A

Preparación de tubos de ensayo con 20 ml alcohol al 40%. Se preparó 1 tubo por unidad experimental, para un total de 32 tubos.



Anexo B

Colectar 5 flores al azar por unidad experimental y agregarlas al tubo correspondiente.



Anexo C

Liberación de acaro depredador A. swirskii en el invernadero



Anexo D

Aplicación de Beauveria bassiana en invernadero.

