



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

DIRECCIÓN DE POSGRADO

MAESTRÍA EN SANIDAD VEGETAL

MODALIDAD: ESTUDIO COMPARATIVO

Título:

Uso de depredadores, parasitoides y entomopatógenos para el control biológico de plagas y enfermedades de hortalizas con énfasis en tomate (*Solanum lycopersicum* L.)

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de magister en Sanidad Vegetal

Autor:

Cristian Javier Corrales Paredes

Tutor:

Ing. MsC. Guido Yauli

LATACUNGA –ECUADOR

2021

CERTIFICO

Que dicho trabajo de investigación ha sido revisado en todas sus partes y se considera de que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación para la valoración por parte del Tribunal de Lectores que se designe y su exposición y defensa pública.

Latacunga, abril, 09, 2021



.....
Ing. Agr. Cristian Javier Corrales Paredes
C.C. 0502289994

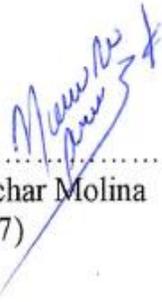
APROBACIÓN TRIBUNAL

El trabajo de Titulación: Uso de depredadores, parasitoides y entomopatógenos para el control biológico de plagas y enfermedades de hortalizas con énfasis en tomate (*Solanum lycopersicum* L.) ha sido revisado, aprobado y autorizada su impresión y empastado, previo a la obtención del título de Magíster en Sanidad Vegetal; el presente trabajo reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la exposición y defensa.

Latacunga, abril, 09, 2021



.....
Mg. Carlos Javier Torres Miño Phd.
(0502329238)
Presidente del tribunal



.....
Ing. Mg. Richar Molina
(1205974627)
Lector 2



.....
Ing. Mg. Fabián Troya.
(0501645568)
Lector 3

DEDICATORIA

El presente proyecto se lo dedico a Dios, quien es, ha sido y será el guía en cada paso de mi vida, que me brinda a cada instante paz, tranquilidad y fortaleza en todo momento a lo largo de mi camino estudiantil y personal.

A mis padres Oswaldo y Saryta por ser una guía y apoyo en mi vida personal y profesional y porque siempre están a mi lado.

A mis hermanos que son mi ejemplo indiscutible de superación y tenacidad.

Cristian J. Corrales P.

AGRADECIMIENTO

El presente trabajo de investigación, como no agradecer a Dios por darme una segunda oportunidad de seguir con vida.

A mis padres por sus consejos y su presencia en cada proceso de mis estudios para poder culminar con un objetivo más planteado en mi vida académica

A mi Tutor, el Ing. Guido Yauli, que inculcó liderazgo y tenacidad.

A mis distinguidos profesores de posgrado que me han brindado sus mejores conocimientos y sus consejos que me sirven diariamente en mi vida profesional.

A mis compañeros de posgrado que, con su apoyo, estoy culminando el presente proceso.

Cristian J. Corrales P.

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Quien suscribe, declara que asume la autoría de los contenidos y los resultados obtenidos en el presente Trabajo de Titulación.

Latacunga, abril, 09, 2021

.....
Ing. Agr. Cristian Javier Corrales Paredes
C.C. 0502289994

RENUNCIA DE DERECHOS

Quien suscribe, cede los derechos de autoría intelectual total y/o parcial del presente trabajo de titulación a la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Latacunga, abril, 09, 2021

Ing. Agr. Cristian Javier Corrales Paredes
C.C. 0502289994

AVAL DEL VEEDOR

Quien suscribe, declara que el presente Trabajo de Titulación: Uso de depredadores, parasitoides y entomopatógenos para el control biológico de plagas y enfermedades de hortalizas con énfasis en tomate (*Solanum lycopersicum* L.) contiene las correcciones a las observaciones realizadas por los lectores en sesión científica del tribunal.

Latacunga, abril, 09, 2021



.....
(Mg. Carlos Javier Torres Miño Phd.)
(0502329238)

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
DIRECCIÓN DE POSGRADO

MAESTRÍA EN SAIDAD VEGETAL

Título: Uso de depredadores, parasitoides y entomopatógenos para el control biológico de plagas y enfermedades de hortalizas con énfasis en tomate (*Solanum lycopersicum* L.)

Autor: Cristian Corrales

Tutor: Ing. M. Sc. Guido Yauli

RESUMEN

Las plagas y enfermedades se incluyen entre los principales factores bióticos que afectan el rendimiento del tomate, con pérdidas estimadas entre el 15 y 95 %. Este hecho impone la necesidad de hacer esfuerzos significativos para establecer medidas de control eficientes. En el presente estudio se realizó una revisión bibliográfica de las plagas y enfermedades más comunes en tomate, así como los agentes de biocontrol usados más frecuentemente. Se utilizó como fuente de consulta las bases de datos Scopus y Scielo sobre el control biológico de plagas y enfermedades asociadas al tomate con el fin de compilar las especies de parasitoides, depredadores y entomopatógenos más frecuentemente usados. De análisis bibliográfico se encontró que se han descrito un total de 20 especies de insectos, cuatro de ácaros y seis de fitopatógenos con mayor incidencia en el cultivo. Adicionalmente se observó que el control biológico es principalmente usado para el control de los insectos (50%), seguido de los hongos fitopatógenos (44%) y en una menor proporción para el control de nematodos fitoparasíticos. Con relación a los organismos usados como agentes de biocontrol se demostró que los insectos representan el grupo más usado en programas de control biológico, ya sea como depredador o parasitoide, seguido de los hongos entomopatógenos y bacterias. Se presenta información sobre los principales agentes de biocontrol usados a nivel mundial. De acuerdo con la revisión, existen una amplia cantidad de agentes de biocontrol factibles de ser usados tanto en condiciones de campo como de invernadero.

PALABRAS CLAVE: agentes de biocontrol; cultivos hortícola; depredadores, parasitoides, plaga y enfermedades.

**TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI
POSTGRADUATE OFFICE**

MASTER'S DEGREE IN PLANT HEALTH

THEME: Use of predators, parasitoids and entomopathogens, for the biological control of pests and diseases of vegetables with an emphasis on tomato (*Solanum lycopersicum L.*)"

AUTHOR: Cristian Corrales

TUTOR: Ing. M. Sc. Guido Yauli

ABSTRACT

Pests and diseases are included among the main biotic factors that affect tomato yield, with losses estimated between 15% and 95%. This fact imposes the need to make significant efforts to establish efficient control measures. A bibliographic review of the most common pests and diseases in tomatoes was carried out in this study, as well as the most frequently used biocontrol agents. The Scopus and Scielo databases on the biological control of pests and diseases associated with tomato were used as a source of consultation to compile the most frequently used species of parasitoids, predators and entomopathogens. The bibliographic analysis found that a total of 20 species of insects, four of mites, and six of phytopathogens with the highest incidence in the crop have been described. Additionally, it was observed that biological control is mainly used to control insects (50%), followed by phytopathogenic fungi (44%), and to a lesser degree for the control of phytoparasitic nematodes. The organisms used as biocontrol agents showed that insects represent the group most used in biological control programs, either as predators or parasitoids, followed by entomopathogenic fungi and bacteria. Consequently, information on the main biocontrol agents used worldwide is presented. According to the review, many biocontrol agents can be used in both field and greenhouse conditions.

Keywords: biocontrol agents; horticultural crops; predators, parasitoids, pests and diseases



Yo, **Collaguazo Vega Wilmer Patricio** con cédula de ciudadanía número: **1722417571** Licenciado en Ciencias de la Educación mención Inglés con número de registro de la SENESCYT: **1020-13-1198178**; **CERTIFICO** haber revisado y aprobado la traducción al idioma inglés del resumen del trabajo de investigación con el título: **“Uso de depredadores, parasitoides y entomopatógenos para el control biológico de plagas y enfermedades de hortalizas con énfasis en tomate (*Solanum lycopersicum L.*)”** de **Cristian Corrales** aspirante a Magister en Sanidad Vegetal.

Latacunga, abril, 09, 2021

.....
Lcdo Collaguazo Vega Wilmer Patricio Mg. C.
C.C. 1722417571

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICO	ii
APROBACIÓN TRIBUNAL.....	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA.....	vi
RENUNCIA DE DERECHOS.....	vii
AVAL DEL VEEDOR.....	viii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT.....	x
ÍNDICE DE CONTENIDOS	xii
ÍNDICE DE TABLAS	xiv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xv
CAPÍTULO I.....	16
1.1. Pertinencia académico-científica y social	17
1.2. Justificación.....	17
1.3. Planteamiento del problema	20
CAPÍTULO II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	23
CAPÍTULO III METODOLOGÍA	30
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	35
4.1. Especies de insectos y ácaros plaga más frecuentemente asociadas con el cultivo de tomate y su impacto en el cultivo	35
4.2. Especies de fitopatógenos más frecuentemente asociadas con el cultivo de tomate y su impacto en el cultivo	58
4.3. Impacto del uso de agentes de biocontrol para el control de plagas y enfermedades del cultivo de tomate	60
Especies biocontroladoras de Lepidopteras plaga en tomate	63
Especies biocontroladoras de moscas blancas y psílicos	68
Especies biocontroladoras de ácaros	71
Tácticas de control biológico de agentes fitopatógenos	72

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	74
CAPÍTULO VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	76
ANEXOS	87
Anexo 1: Valores promedios de producción, rendimiento y área cosechada de tomate por continente, según FAO (2020)	87
Anexo 2: Valores promedios de producción de tomate en el continente americano, según FAO (2020)	88
Anexo 3: Valores de rendimiento de tomate en el continente americano, según FAO (2020)	90
Anexo 4: Valores de superficie cosechada de tomate en el continente americano, según FAO (2020)	93

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Especie de insectos y ácaros plaga asociados con el cultivo de tomate a nivel mundial (1/19).....	36
Tabla 1. Cont. (2/19).....	37
Tabla 1. Cont. (3/19).....	38
Tabla 1. Cont. (4/19).....	39
Tabla 1. Cont. (5/19).....	40
Tabla 1. Cont. (6/19).....	41
Tabla 1. Cont. (7/19).....	42
Tabla 1. Cont. (8/19).....	43
Tabla 1. Cont. (9/19).....	44
Tabla 1. Cont. (10/19).....	45
Tabla 1. Cont. (11/19).....	46
Tabla 1. Cont. (12/19).....	47
Tabla 1. Cont. (13/19).....	48
Tabla 1. Cont. (14/19).....	49
Tabla 1. Cont. (15/19).....	50
Tabla 1. Cont. (16/19).....	51
Tabla 1. Cont. (17/19).....	52
Tabla 1. Cont. (18/19).....	53
Tabla 1. Cont. (19/19).....	54
Tabla 2. Principales agentes de biocontrol usados a nivel mundial para el manejo de plagas en tomate (1/2).....	61
Tabla 2. Cont. (2/2).....	62

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Superficie sembrada y producción de tomate por continentes	23
Figura 2. Principales países productores de tomate a nivel mundial	24
Figura 3. Distribución de la producción de tomate en los países del continente americano durante 2019	25
Figura 4. Variación en el uso de insecticidas (A) y fungicidas y bactericidas en la producción de tomate a nivel mundial	26
Figura 5. Grupos de insectos y ácaros plaga asociados al cultivo de tomate a nivel mundial.....	35
Figura 6. Número de especies de insectos y ácaros plaga de importancia económica en el cultivos de tomate a nivel mundial.....	35
Figura 7. Porcentaje de experiencias de control biológico aplicado a plagas en tomate	60
Figura 8. Principales grupos de organismos usados en programas de control biológico a nivel mundial.....	63
Figura 9. Formas en que es aplicado el control biológico de plagas en tomate.....	63

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

En general los cultivos pueden ser afectados por una amplia variedad de plagas y enfermedades y plagas, especialmente en las regiones tropicales y subtropicales, representando uno de los principales desafíos para el sector agrícola (Fuentes et al., 2017). Así, en el cultivo de tomate también han sido registradas varias plagas y enfermedades que afectan seriamente el rendimiento y cuyo control ha sido principalmente enfocado al uso de productos químicos (Shijie et al., 2017).

Aunque el control químico es ampliamente usado para el manejo de plagas y enfermedades de cultivos, este presenta muchas limitaciones y efectos secundarios puesto que es costoso, causa daños al ambiente y la salud humana, además puede causar fitotoxicidad y por último, afecta negativamente a los organismos benéficos como depredadores, parasitoides, microorganismos y polinizadores, por lo que por muchos años se han buscado estrategias ecológicamente seguras para el medio ambiente (Afreen et al., 2017). En ese sentido, el control biológico surge como una de las alternativas no químicas que han mostrado mayor eficacia en el control de plagas y enfermedades (Mantzoukas y Eliopoulos, 2020).

De acuerdo con Cotes et al. (2018), el establecimiento de los programas de control biológico debe tomar en cuenta tanto la biología como la ecología del agente de biocontrol con el ambiente y su éxito como estrategia exitosa de fitoprotección dependerá en gran medida del enfoque interdisciplinario con el que se aborde el problema. A nivel mundial existen varios casos exitosos de manejo tanto de especies plagas como de enfermedades en el cultivo de tomate, sin embargo, en América Latina este alcance ha sido más limitado, por lo que, en esta revisión se muestran los beneficios con relación al manejo de plagas en tomate alcanzados mediante el uso de programas de control biológico, de manera de evaluar la factibilidad de que sean aplicados en los sistemas de producción de tomate en Ecuador.

1.1. Pertinencia académico-científica y social

La presente investigación se enmarca en la Línea de Investigación Análisis, conservación y aprovechamiento de la biodiversidad local y la sub-línea Manejo Agroecológico de los Cultivos Agrícolas, debido a que esta ha sido enfocada en la revisión de literatura relevante referente al uso de depredadores y parasitoides usados en el control de plagas y enfermedades que atacan el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.).

Es por ello por lo que en el presente estudio se compiló información actualizada sobre las principales plagas y enfermedades que atacan el tomate y sobre una de las tácticas de manejo de poblaciones de especies plaga, como es el control biológico.

Esta información podrá ser utilizada inicialmente por los técnicos de campo, quienes tienen mayor conocimiento sobre la bioecología tanto de plagas como de los organismos benéficos y una vez comprendida la dinámica entre planta-plaga-enfermedad- enemigos naturales, el conocimiento podría ser transferido a los productores de tomate del Ecuador de manera sencilla y de fácil comprensión para que ellos puedan apropiarse de esta técnica de manejo de plagas y así lograr una producción más sustentable.

Adicionalmente, este estudio ofrece la posibilidad de iniciar una línea de investigación sobre control biológico de plagas en el país, donde se involucren investigadores de las diferentes universidades e instituciones relacionadas con el agro en el país, además de estudiantes de pregrado y postgrado, con el fin de fortalecer la investigación en esta área.

1.2. Justificación

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.) es una especie originaria del continente americano que fue introducido en otras regiones del mundo y desde entonces ha adquirido una gran importancia económica, además de los beneficios que ofrece para

la salud humana por su alto contenido en potasio y antioxidantes como ácido ascórbico, vitamina A, licopeno y tocoferoles (Renna et al., 2018). El fruto de tomate puede ser consumido en ensaladas, cocido en salsas, sopas en purés y jugos, los cuales se caracterizan por sus altos contenidos de licopeno, un antioxidante que puede contribuir a la protección contra sustancias cancerígenas (Noonari et al., 2015).

De acuerdo con la FAO (2020), la producción mundial de tomate fresco alcanzó 180.766.329 tn durante 2019, con un rendimiento de 359.337 kg/ha en un área cosechada de 5.030.545 ha, de las cuales 51,8% está en Asia, seguido de los países productores de África (32,1%), mientras que en América y Europa se concentra el 7,7 y 8,4 % de la superficie sembrada. Con relación al continente americano, los principales países productores son Estados Unidos, México y Brasil, los cuales producen el 29,0; 11,4 y 10,5% del total del continente, mientras que Ecuador solo aporta el 0,08 % del total en América (FAO, 2020).

Las plagas y enfermedades se incluyen entre los principales factores bióticos que afectan la producción y el rendimiento del cultivo de tomate, con un porcentaje de pérdidas estimadas de alrededor del 15%, sin embargo, pueden alcanzar hasta un 95% bajo ciertas condiciones de cultivo que favorecen la intensidad del ataques de plagas y enfermedades, así como la existencia de diferentes razas, biotipos o cepas de patógenos (Tonessia et al., 2018).

El impacto negativo de las plagas y enfermedades que causan daño económico en el cultivo de tomate a nivel mundial impone la necesidad de hacer esfuerzos significativos para establecer medidas de control eficientes, por lo que, la transición del manejo convencional de plagas a un manejo agroecológico mediante la transferencia de diferentes técnicas de control integrado de plagas y enfermedades es imperativo (Castresana et al., 2019).

Entre las estrategias agrosostenibles, el control biológico de la plagas y enfermedades se constituye en una opción y es aplicable cuando permite reducir el daño causado por la especie plaga hasta niveles aceptables y además permite manejar las poblaciones de

las otras plagas de una manera sostenible (Leppla et al., 2018). El complejo de especies de plagas y enfermedades puede variar considerablemente de una región a otra, al igual que la comunidad de enemigos naturales endémicos y la disponibilidad de productos de biocontrol y la posibilidad de uso de tácticas de control biológico varía con las prácticas hortícolas y el tipo de producción, sea a campo abierto o en cultivos protegidos (Leppla et al., 2018).

La importancia de este tipo de investigación radica en los potenciales beneficios derivados del uso del control biológico en las principales plagas y enfermedades que atacan al cultivo. De acuerdo con Leppla et al. (2018), a nivel mundial las principales plagas pertenecen al Orden Lepidoptera, de las cuales unas 12 especies causan daño económico; incluyendo *Tuta absoluta*, *Keiferia lycopersicella*, *Spodoptera exigua*, *Spodoptera littoralis*, *Helicoverpa armigera*, *Helicoverpa zea* y *Manduca quinquemaculata*, además de otros grupos entre los que destacan las moscas blancas (*Trialeurodes vaporariorum* y *Bemisia tabaci*), el psílido de la papa (*Bactericera cockerelli*), minadores (*Liriomyza trifolii*) y los ácaros tetránquidos (*Tetranychus urticae*; *Tetranychus evansi*), tarsonémidos (*Polyphagotarsonemus latus*) y eriófidos (*Aculops lycopersici*).

Con relación al número de enfermedades, a nivel mundial se han más de 200 patógenos que afectan a las plantas de tomate sin embargo las de mayor importancia son *Alternaria solani* causante del tizón temprano, *Phytophthora infestans* (tizón tardío), *Fusarium oxysporum* y *Ralstonia solanacearum* causantes de marchitamiento y las enfermedades virales (Kabdwal et al., 2019). Estos autores señalan que, debido al uso excesivo de pesticidas, el costo de producción ha aumentado, además de los daños causados al ambiente y al ser humano. Todo esto pone en relieve la necesidad de usar métodos de control menos agresivos al ambiente.

Existen varias experiencias del uso de controladores biológicos de estas especies de plagas y enfermedades con variaciones en el nivel de eficiencia, los cuales serán abordados en esta revisión.

En tal sentido, el desarrollo de estrategias de manejo sustentables y eficientes que contribuyan con el manejo de plagas y enfermedades en el cultivo podrían servir de base para aumentar la productividad sin causar daño al ambiente. Es por ello que en la presente investigación se planteó hacer una revisión bibliográfica de la literatura reciente sobre el control biológico de las principales plagas y enfermedades que causan daño económico en el cultivo de tomate, con el propósito de proporcionar información actualizada que contribuya con el diseño de estrategias de manejo basadas en el control biológico y de esa manera hacerlas fácilmente disponibles para técnicos y productores de del país.

Los resultados obtenidos de la presente revisión podrán ser útil para ser usados por Ingenieros Agrónomos para el diseño de programas de manejo de las plagas y enfermedades en tomate que posteriormente se hagan disponibles para los agricultores de manera que sea comprensible por ellos. Además, servirá como base para futuras investigaciones que pudiera llevarse a cabo en el país de manera de determinar la posibilidad de proponer su uso en la producción hortícola del Ecuador. Todo esto, contribuiría a mejorar la producción y rendimiento del cultivo puesto que sería transferible gradualmente a los agricultores dedicados a la producción de tomate quienes deberán ser capacitados para entender y aprovechar la estrategia del control biológico entre sus prácticas de manejo del cultivo.

1.3. Planteamiento del problema

Solanum lycopersicum es una especie cuyo centro de origen se presume en América del Sur, específicamente entre Perú y Ecuador, pero fue domesticada en México e introducida en Europa a mediados del siglo XVI (Nicola et al., 2009). Aunque los mayores productores de tomate en América son Estados Unidos, México y Brasil con valores de 10.858.990, 4.271.914 y 3.917.967 ton durante el 2019, este cultivo reviste gran importancia en los países latinoamericanos como Colombia, Venezuela, Chile, Perú, Brasil y Ecuador, entre otros (FAO, 2020).

En Ecuador, el tomate estuvo principalmente concentrado en los valles interandinos bajos y algunas regiones tropicales del litoral donde se producía a campo abierto con bajos niveles de productividad, pero después de los años 90 empezó a ser cultivado bajo sistemas de cultivos protegidos en los cantones Patate de la provincia de Tungurahua y Cañar de la provincia Cañar y así se popularizó esta modalidad, la cual permite un control más eficiente de las condiciones ambientales lo que redundó en mayor producción (Silva, 2015).

El tomate, al igual que otras especies agrícolas, es atacado por insectos, ácaros, hongos, bacterias y virus, lo que provoca el aumento del uso de agroquímicos para el control de plagas, lo que en consecuencia causa daños a la salud humana, de animales y al ambiente (Yazici et al., 2020). Sin embargo, el uso indiscriminado e incorrecto de los productos químicos puede provocar problemas de contaminación ambiental y acumulación en los productos agrícolas debido a que se cosecha sin respetar el tiempo requerido, trayendo consecuencias en la salud humana (Yazici et al., 2020).

Es por ello que, en los últimos años, se está dando mayor importancia al uso de medidas de control alternativas que conlleven a la disminución del uso de plaguicidas. Entre estas estrategias, el control biológico ha mostrado ser una alternativa para el manejo de plagas y enfermedades a nivel mundial (Li et al., 2021). Sin embargo, el potencial impacto del control biológico natural de plagas se ve amenazado por la práctica del monocultivo pues esto atenta contra la biodiversidad, y es por ello que se requiere tomar acciones para conservar las poblaciones de los enemigos naturales y así aprovechar sus beneficios (Jacobsen et al., 2019).

La información referida al uso de control biológico de las diferentes plagas y enfermedades del tomate proviene de diferentes partes del mundo, pero en Ecuador es limitada. Aunque el número de especies plaga en tomate es muy amplio, el gusano cogollero, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae), es una de las plagas de mayor impacto, puesto que es capaz de reducir el rendimiento con pérdidas de hasta el 100%, por lo que, además del control químico, el uso de hongos

entomopatógenos, tales como *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* mostrando resultados promisorio en los sistemas de producción de tomate (Mwamburi, 2021).

En los últimos años, la búsqueda de métodos ecológicos en la producción agrícola está ocupando un sitio importante y es por ello que el uso de rizobacterias promotoras del crecimiento de las plantas están siendo usadas tanto como promotoras del crecimiento de plantas y además por la presencia de genes biosintéticos que intervienen en la producción de metabolitos secundarios con actividad antimicrobiana útiles en el control de enfermedades del tomate (Zhou et al., 2021). Según Kunova et al. (2021), las bacterias del género *Streptomyces*, además de mejorar la germinación de semillas y el desarrollo temprano de plantas de tomate, también provocaron la inhibición del crecimiento de micelio de diversos patógenos fúngicos de plantas *in vitro*. Por otra parte, Vinchira-Villarraga et al. (2021), las bacterias de origen marino producen una gama de metabolitos con actividad antifúngica lo cual las ubica como una nueva fuente de biocontrol para el manejo integrado de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*.

Objetivo General:

Analizar la información bibliográfica disponible sobre el uso de depredadores, parasitoides y entomopatógenos para el control biológico de plagas y enfermedades en tomate

Objetivos Específicos:

- a. Describir las especies de insectos y ácaros plaga más frecuentemente asociadas con el cultivo de tomate y discutir sobre su impacto en el cultivo de tomate.
- b. Describir las especies de fitopatógenos más frecuentemente asociadas con el cultivo de tomate y discutir sobre su impacto en el cultivo de tomate.
- c. Examinar el impacto del uso de agentes biológicos para el control de plagas y enfermedades del cultivo de tomate.

CAPÍTULO II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

La creciente importancia del tomate a nivel mundial ha promovido la participación en el mercado de exportaciones en muchos países por lo que ha sido necesario la expansión de la superficie sembrada, la cual ha experimentado un incremento del 21,2% en los últimos 20 años, acompañado de aumentos del 23,5 y 39,7% en el rendimiento y producción, respectivamente (FAO, 2020; Nicola et al., 2009).

A nivel mundial la mayor superficie sembrada de tomate se encuentra en Asia, seguido de África, Europa y América, asimismo, la mayor producción ocurre en los países asiáticos, mientras que en América, África y Europa muestran valores similares (Fig. 1).

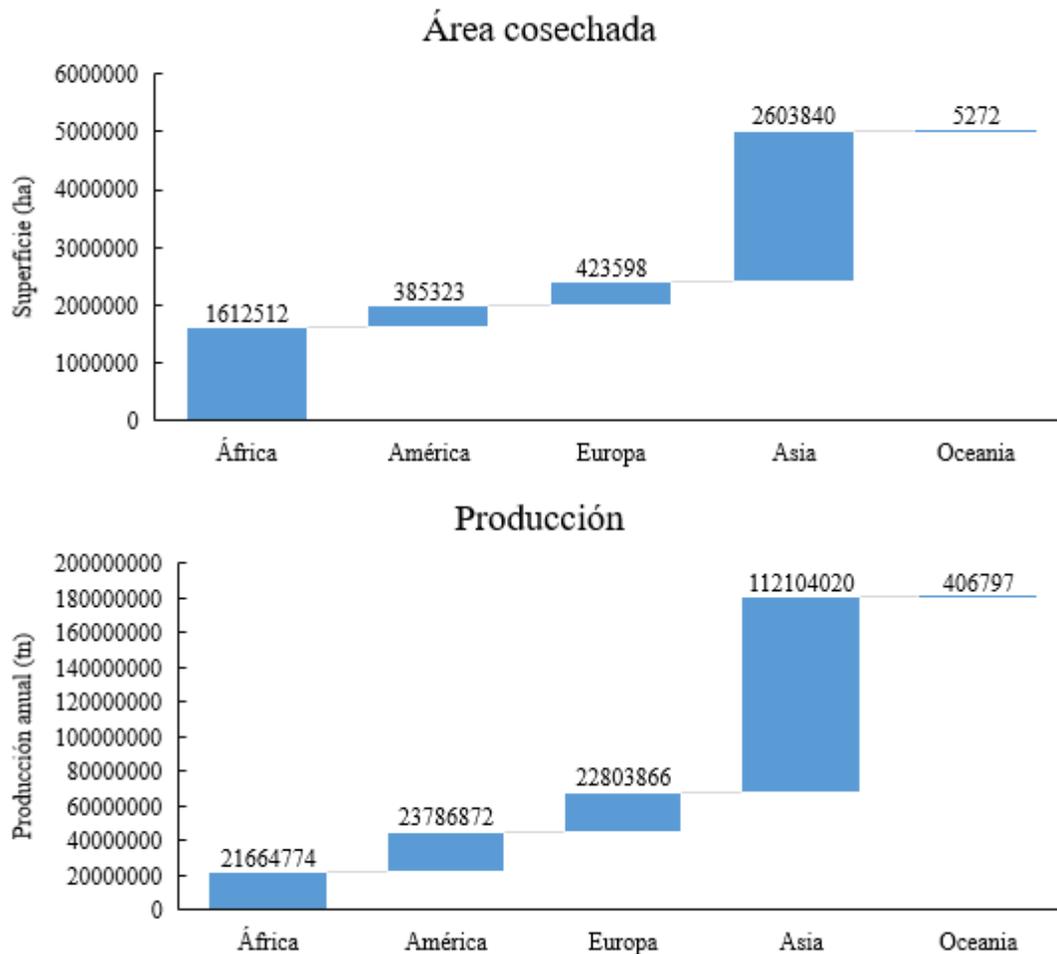


Figura 1. Superficie sembrada y producción de tomate por continentes

En los últimos años, la producción mundial de tomate alcanzó más de 180 millones de toneladas en el año 2019, lo que representó un incremento de 14,1 y 39,7% con respecto a 2009 y 1999, respectivamente (FAO, 2020). Del total de la producción mundial de tomate, el 34,7 % es aportada por China, seguida de India (10,5%), Turquía (7,1%), Estados Unidos de América (6,0%), Egipto (3,7%), Italia (2,9%), Irán (2,9%), España (2,8%), México (2,4%) y Brasil (2,2%) (FAO, 2020) (Fig. 2).

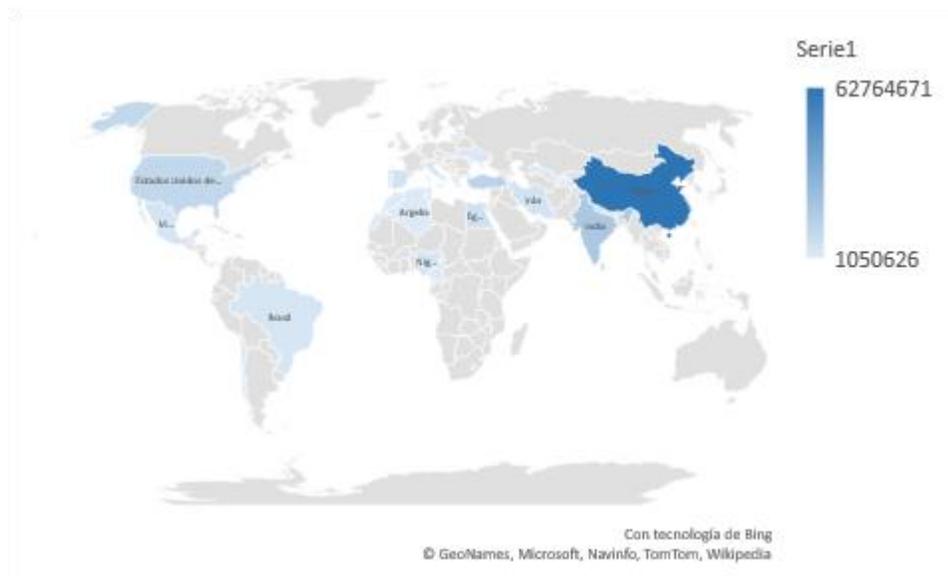


Figura 2. Principales países productores de tomate a nivel mundial

Con relación a la producción registrada en países continente americano, EE UU, México y Brasil aportan el 50,9% del total en el continente, seguidos Chile, Argentina, Colombia, Canadá y Cuba, que, en conjunto, producen el 8,65%, mientras que la producción de Ecuador es significativamente menor (FAO, 2020) (Fig. 3).

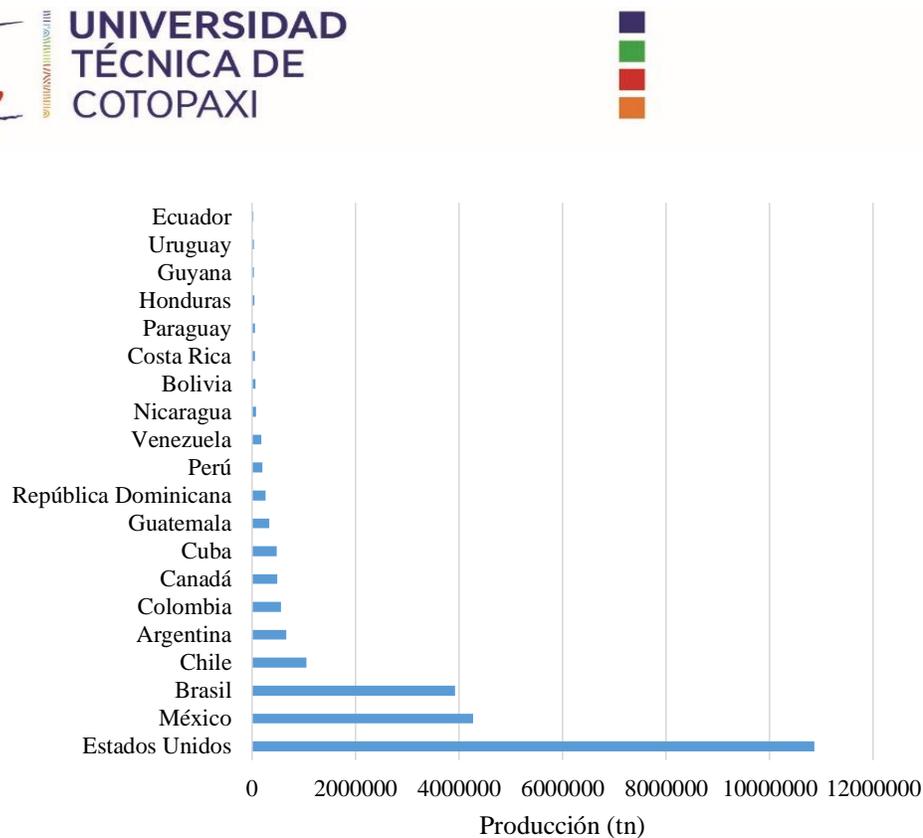


Figura 3. Distribución de la producción de tomate en los países del continente americano durante 2019

Los productores de frutas y hortalizas, incluyendo al tomate, muestran poca tolerancia a la presencia de plagas debido a la necesidad de satisfacer las exigencias del mercado, por lo tanto, se requiere contar con métodos efectivos que mantengan las poblaciones de plagas y enfermedades por debajo del umbral de daño. En tal sentido, el uso de plaguicidas puede producir un control adecuado, sin embargo, el uso excesivo o aplicaciones erradas puede provocar resistencia en las plagas y la eliminación de enemigos naturales, entre otros, y en consecuencia la nueva tendencia es la implementación de enfoques de manejo integrado de plagas (MIP) para el control de plagas (Lahiri y Orr, 2018). En tal sentido, es importante generar programas de capacitación dirigidas a los agricultores de manera que tengan los conceptos básicos necesarios para tomar decisiones correctas con el fin de lograr eficiencia en el manejo de plagas y enfermedades en el cultivo de tomate.

La producción de tomates durante la estación cálida y húmeda en climas tropicales y subtropicales está sometida a altas temperaturas, inundaciones, vientos fuertes y alta

incidencia de plagas y enfermedades, por lo que, en las últimas décadas, la producción de tomates en ambientes protegidos se ha convertido en una forma más eficiente para la obtención de tomate fresco de alta calidad tanto para el mercado nacional como para la exportación (Nicola et al., 2009). Concomitantemente, la producción, sea a campo abierto o bajo cultivos protegidos, ha estado supeditada al incremento en el uso de agroquímicos para el control de plagas y enfermedades, observándose en las dos últimas décadas un incremento en el uso de insecticidas y fungicidas y bactericidas de 27,3 y 14,8%, respectivamente, principalmente en países de Asia y América (FAO, 2020) (Fig. 4).

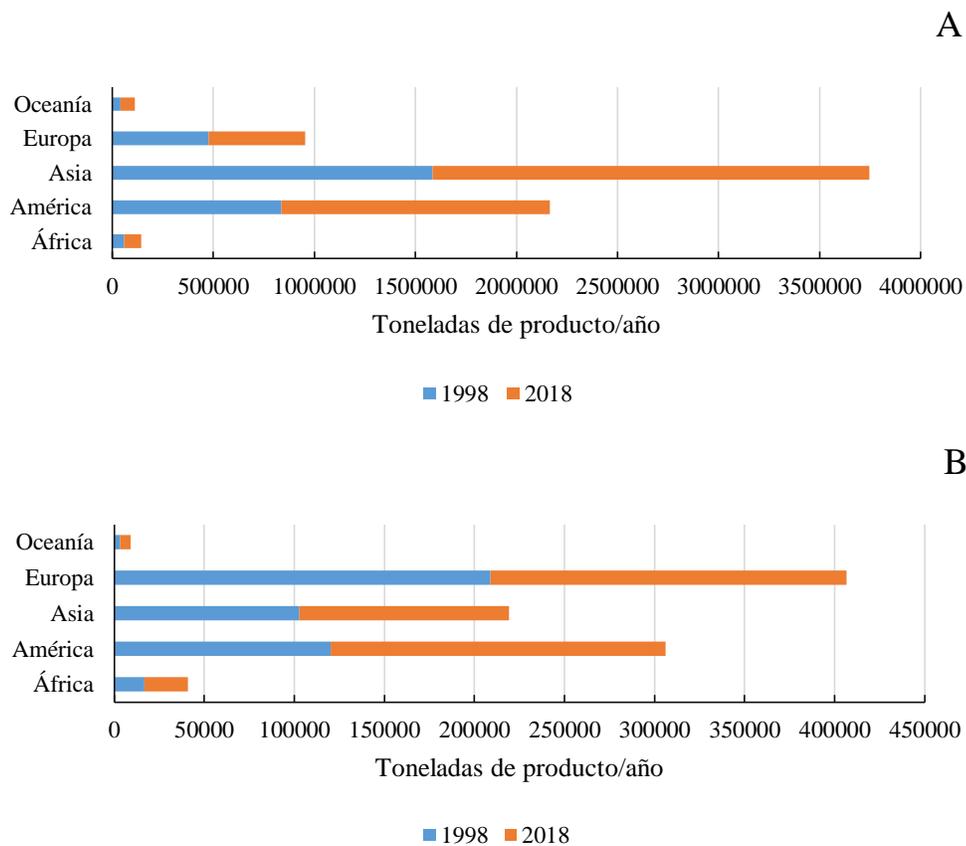


Figura 4. Variación en el uso de insecticidas (A) y fungicidas y bactericidas en la producción de tomate a nivel mundial

El uso de insecticidas en sistemas agrícolas ha sido motivo de gran preocupación durante décadas, sin embargo, ni el control químico ni biológico aplicados de manera individual pueden resolver los problemas de plagas en los cultivos de plagas, por lo que la mejor opción es el uso combinado de varios métodos de control, lo que se denomina manejo integrado de plagas (MIP). El MIP es una estrategia enfocada en el ecosistema con la que se persigue la disminución de las poblaciones de plagas mediante la combinación de varias técnicas, como el control biológico, la manipulación del hábitat, las prácticas culturales modificadas, las variedades resistentes de manera armónica con los plaguicidas .

Dada la eficiencia relacionada con la aplicación de programas de Manejo Integrado de Plagas sería de mucha utilidad lograr popularizar su aplicación entre los pequeños, medianos y pequeños productores de tomate u otras hortalizas y así promover estrategias de manejo de plagas y enfermedades más amigables con el ambiente.

Con relación al control biológico, este se define como el uso de un organismo vivo, sea depredador, parasitoide o entomopatógeno, con el fin de reducir la densidad de población de otro organismo que causa un daño en la agricultura o a la salud pública y es considerado como una estrategia exitosa y ambientalmente segura para el manejo de plagas, enfermedades y malezas (van Lenteren et al., 2020).

A pesar de las investigaciones para establecer estrategias sostenibles de manejo de plagas, en América del Sur, *Tuta absoluta*, principal plaga del tomate, es controlada a través de aplicaciones de plaguicidas, lo cual, en muchos casos, resulta en controles ineficientes debido a la resistencia a los insecticidas y a la imposibilidad de controlar larvas ocultas dentro de las minas excavadas en las hojas, tallos o frutos, por lo que se ha sugerido su combinación con uso de parasitoides del género *Trichogramma* y especies de Miridae (Giorgini et al., 2019).

Asimismo, *Helicoverpa armigera* que causa pérdidas en tomate entre 5-55%, lo cual implica costos de hasta \$ 2 mil millones anuales, se han probado diferentes estrategias, incluyendo el uso de control biológico, para los que se cuentan al menos 290 especies

de parasitoides de huevos, larvas y pupas, unas 127 especies de depredadores y al menos 10 de virus, hongos, bacterias, protozoos y nematodos entomopatógenos, aunque la efectividad de ataque y la distribución de los enemigos naturales varía según la región y puede verse afectada por la planta hospedante y el clima (Simmons et al., 2018).

De manera similar, en el caso de moscas blancas, la principal estrategia de control se basa en el uso de insecticidas químicos, sin embargo, el descubrimiento de otros componentes del MIP, como los enemigos naturales y la resistencia de las plantas ha abierto nuevas alternativas para su manejo y hasta la fecha se han reportado 24 especies de depredadores, 21 especies de parasitoides y 10 especies de patógenos capaces de controlar a *T. vaporariorum*, mientras que para *B. tabaci* se citan 48 depredadores, 33 parasitoides y 7 especies de patógenos (Perring et al., 2018).

Con relación a *Bactericera cockerelli*, sus brotes poblacionales pueden causar pérdidas económicas importantes en varias zonas productoras de tomate, por lo cual los agricultores deciden hacer frecuentes aplicaciones de insecticidas o cultivar en casas de vegetación y ambas opciones resultan costosas y por ello se ha propuesto el uso de *Orius tristicolor*, *Geocoris pallens* e *Hippodamia convergens* como depredadores y también al parasitoide *Tetrastichus triozae* cuando no se utilizan pesticidas (Prager y Trumble, 2018). Esta información sobre el potencial del control biológico para el manejo de *B. cockerelli* es particularmente útil para los agricultores de hortalizas ecuatorianos, puesto que, en vista de la reciente introducción accidental de esta plaga en el Ecuador, los agricultores han enfocado su control mediante el uso de productos químicos, lo cual incrementa las posibilidades de desarrollo de resistencia a las moléculas usadas, lo que dificultaría aún más su manejo.

Con respecto a las especies de ácaros, la literatura reporta cuatro especies de importancia en el cultivo: *Tetranychus urticae*, *Tetranychus evansi* (Acari: Tetranychidae), *Polyphagotarsonemus latus* (Tarsonemidae) y *Aculops lycopersici* (Eriophyidae). El ácaro de dos manchas, *T. urticae*, es responsable de pérdidas de

rendimiento del 10 al 50%, lo cual depende de las condiciones ambientales y los programas de manejo, mientras que *T. evansi* es una plaga importante en solanáceas y se ha reportado hasta un 90% de pérdida de rendimiento en el sur de África (Brust y Gotoh, 2018).

En el caso de *A. lycopersici*, las pérdidas alcanzan hasta un 65% bajo condiciones de infestaciones severas, mientras que, en ataques de *P. latus*, apenas cinco ácaros pueden causar un daño sustancial a las plantas que conduce a una producción reducida de frutos, por lo que, el uso de acaricidas ha sido el método más comúnmente usado, sin embargo, el uso indiscriminado puede causar explosiones poblacionales y deben usarse métodos alternativos de control (Brust y Gotoh, 2018).

Tal como se evidencia en la literatura sobre ácaros que atacan el cultivo de tomate, es posible que entre los productores ecuatorianos no exista la suficiente información para reconocer las diferentes especies de ácaros fitófagos, lo cual podría dificultar la selección de las estrategias apropiadas para el control.

CAPÍTULO III METODOLOGÍA

La presente investigación consistió en una investigación documental, la cual, según Hernández-Sampieri et al. (2014), este tipo de estudio pretende consultar referencias bibliográficas o fuentes primarias, las cuales ofrecen información sobre los resultados de los estudios referidos a un tema de interés los cuales son seleccionados de modo que puedan ser útiles para los propósitos del estudio. La investigación documental está enmarcada dentro del enfoque de la investigación cualitativa, la cual se encarga de estudiar características y cualidades de un fenómeno basándose en el uso de documentos y otras fuentes de información (Arias, 2012).

En tal sentido, el presente estudio consistió en una investigación documental sobre la bibliografía reciente referida al control biológico de plagas y enfermedades que atacan cultivos hortícolas, principalmente en plantas de tomate de manera de ofrecer una compilación de las especies de parasitoides, depredadores y entomopatógenos más frecuentemente usados para el control de las principales plagas y enfermedades que atacan el cultivo. Además, se ofrece información reciente sobre investigaciones de punta relacionadas con el uso de bacterias promotoras del crecimiento de las plantas, la cual ha demostrado expresar genes biosintéticos con actividad antimicrobiana debido a su capacidad de producir metabolitos secundarios útiles en el control de enfermedades.

Dada la relevancia y alcance de las bases de datos Scopus (<https://www.scopus.com/home.uri>) y Scielo (<https://scielo.org/es/>), en estas fueron consultados los artículos relacionados con los temas de control biológico en las plagas y enfermedades que atacan en tomate publicados durante los últimos 5 años. En la base de datos Scopus fueron introducidos los siguientes criterios de búsqueda: *Biological + control + tomato*.

Start exploring

Discover the most reliable, relevant, up-to-date research. All in one place.

[Documents](#) [Authors](#) [Affiliations](#)

[Search tips](#)

Search within
Article title, Abstract, Keywords

Search documents *

+ Add search field [Add date range](#) [Advanced document search](#) >

Search Q

About Scopus

[What is Scopus](#)
[Content coverage](#)
[Scopus blog](#)
[Scopus API](#)
[Privacy matters](#)

Language

[日本語に切り替える](#)
[切换到简体中文](#)
[切换到繁體中文](#)
[Русский язык](#)

Customer Service

[Help](#)
[Contact us](#)

En la ventana “*Search documents*” fueron introducidos los términos de búsqueda arrojando el siguiente 3.549 documentos como resultado:

3,549 document results

TITLE-ABS-KEY (biological AND control AND tomato)

Edit Save Set alert

Search within results...

Refine results

Limit to Exclude

Open Access

- All Open Access (1,122) >
- Gold (472) >
- Hybrid Gold (77) >
- Bronze (387) >
- Green (749) >

Learn more

Documents Secondary documents Patents View Mendeley Data (832)

Analyze search results Show all abstracts Sort on: Date (newest)

All RIS export Download View citation overview View cited by Save to list

Document title	Authors	Year	Source	Cited by
1 Biological control of bacterial wilt in tomato through the metabolites produced by the biocontrol fungus, <i>Trichoderma harzianum</i> <i>Open Access</i>	Yan, L., Khan, R.A.A.	2021	Egyptian Journal of Biological Pest Control 31(1),5	0

View abstract View at Publisher Related documents

Posteriormente, la búsqueda fue filtrada para los últimos cinco años y artículos de investigación o libros publicados en el área de Agricultura que incluyeran las palabras *Lycopersicum*, *tomato*, *biological control* como palabras clave:

En el caso de la base de datos Scielo, al entrar en la plataforma, fueron usados los equivalentes en español (Control + biológico + tomate) y portugués (Controle + biológico + tomateiro) de manera de poder abarcar la mayor cantidad de estudios en Latinoamérica. Además, la búsqueda será refinada con el nombre de la plaga determinada (*Tuta absoluta*, *Spodoptera* spp., *Bactericera cockerelli*, *Tetranychus evansi*, etc).

Cada artículo fue analizado detalladamente en cuanto al tipo de control biológico usado (por conservación, aumentativo o inundativo), la especie biocontroladora empleada, especie plaga objetivo, eficiencia observada y, en caso de estar disponible, la prospección del agente de biocontrol para ser usado en programas de manejo de plagas. Adicionalmente, la información fue organizada por cada plaga de importancia económica en el cultivo.

Por otra parte, se hizo un análisis de las especies de biocontrol con mayor frecuencia de uso a nivel mundial y además saber si existen como bioproductos comercialmente disponibles en Latinoamérica.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Especies de insectos y ácaros plaga más frecuentemente asociadas con el cultivo de tomate y su impacto en el cultivo

De acuerdo con las revisión de literatura, en el cultivo de tomate se registra un total de 20 especies de insectos y cuatro especies de ácaros plaga (Tabla 1) (Leppla et al., 2018; Walgenbach, 2018). Del total de especies plaga, nueve correspondieron a especies del Orden Lepidoptera (44%), seguido de cuatro especies de Diptera y ácaros (17%), mientras que las especies de Hemiptera y Thysanoptera representaron el 13 y 9%, respetivamente (Figs. 5-6). De estas, en Ecuador han sido reportadas: *Keiferia lycopersicella*, *Tuta absoluta*, *Manduca sexta*, *Trialeurodes vaporariorum*, *Bemisia tabaci*, *Bactericera cockerelli*, *Frankliniella occidentalis*, *Liriomyza trifolii*, *Liriomyza huidobrensis*, *Liriomyza sativae* y *Tetranychus urticae*.

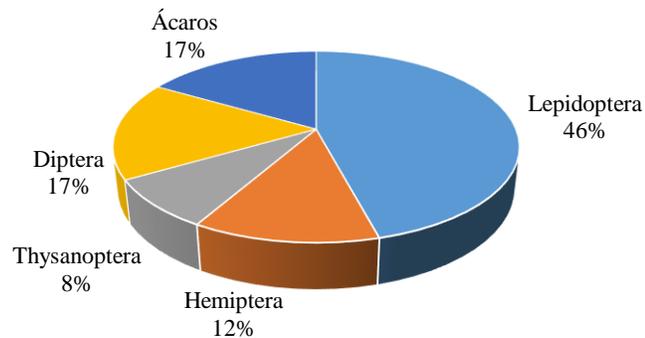


Figura 5. Grupos de insectos y ácaros plaga asociados al cultivo de tomate a nivel mundial

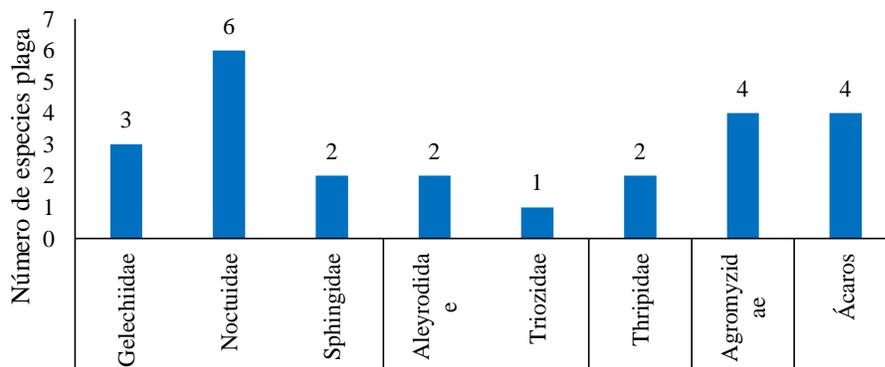


Figura 6. Número de especies de insectos y ácaros plaga de importancia económica en el cultivos de tomate a nivel mundial

Tabla 1. Especie de insectos y ácaros plaga asociados con el cultivo de tomate a nivel mundial (1/19)

Especie	Nombre común	Plantas hospederas	Distribución
<i>Keiferia lycopersicella</i> (Lepidoptera: Gelechiidae)	Gusano alfiler o minador gigante	<i>Solanum lycopersicum</i> <i>Solanum melongena</i> <i>Solanum tuberosum</i>	Europa: Italia Norte América: Canadá, EE. UU., México América Central y el Caribe: Bermuda, Costa Rica, Cuba, República Dominicana, El Salvador, Guatemala, Haití, Honduras, Jamaica, Nicaragua, Panamá, Trinidad y Tobago América del Sur: Bolivia, Colombia, Ecuador , Guyana, Perú y Venezuela.
<i>Tuta absoluta</i> (Lepidoptera: Gelechiidae)	Palomilla del tomate; Cogollero del tomate; Gusano minador del tomate; Polilla del tomate; Minador de la hoja y tallo de la papa	<i>S. lycopersicum</i> <i>S. tuberosum</i> <i>Solanum nigrum</i> <i>Datura stramonium</i> <i>Nicotiana glauca</i>	Europa: Albania, Bulgaria, Chipre, Francia, Alemania, Grecia, Hungría, Italia, Lituania, Malta, Países Bajos, Portugal, Serbia, España, Suiza, Reino Unido Asia: Irak, Israel y Turquía África: Argelia, Egipto, Libia, Marruecos y Túnez América Central y el Caribe: Panamá América del Sur: Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Ecuador , Paraguay, Perú, Uruguay y Venezuela.

Tabla 2. Cont. (2/19)

Especie	Nombre común	Plantas hospederas	Distribución
<i>Chrysodeixis chalcites</i> (Lepidoptera: Noctuidae)	Enrollador del tomate	<i>S. lycopersicum</i> <i>Nicotiana tabacum</i> <i>Gossypium</i> sp. Especies de Crucíferas y Leguminosas	Europa: (excepto la Federación Rusa), Bulgaria, Francia, Grecia, Hungría, Italia, Malta, Portugal, Rumania, España, Yugoslavia. Asia: Bangladesh, Birmania, Camboya, China, Chipre, Hong Kong, India, Indonesia, Irán, Irak, Israel, Japón, Jordania, Corea, Líbano, Malasia, Pakistán, Filipinas, Sri Lanka, Siria, Taiwán, Tailandia, Turquía, Vietnam. África: Argelia, Angola, Camerún, Islas Comoras, Egipto, Gambia, Guinea, Kenia, Libia, Madagascar, Madeira, Malawi, Mauricio, Marruecos, Mozambique, Nigeria, Reunión, Rhodesia, Rodríguez, Santa Elena, Santo Tomé, Senegal, Seychelles, Sierra Leona, Sudáfrica, Túnez, Uganda, Zaire, Zambia. Australasia e Islas del Pacífico: Australia, Islas Cook, Isla de Pascua, Fiji, Islas Gilbert y Ellice, Hawai, Islas Marianas, Islas Marquesas, Isla Midway, Nueva Caledonia, Nuevas Hébridas, Nueva Zelanda, Niue, Isla Norfolk, Palmyra, Atolón, Papua Nueva Guinea, Samoa, Islas de la Sociedad, Islas Salomón, Tonga, Islas Tubuai (Austral), Irian Jaya. América del Norte: Canadá, EE. UU. América del Sur: Chile



Tabla 3. Cont. (3/19)

Especie	Nombre común	Plantas hospederas	Distribución
<i>Lacanobia oleracea</i> (Lepidoptera: Noctuidae)	Polilla de ojos marrones	<i>Allium cepa</i> , <i>Asparagus officinalis</i> , <i>Beta vulgaris</i> var. <i>saccharifera</i> , <i>Brassica napus</i> var. <i>napus</i> , <i>Brassica oleracea</i> var. <i>botrytis</i> , <i>B. oleracea</i> var. <i>capitata</i> , <i>B oleracea</i> var. <i>gemmifera</i> , <i>B. oleracea</i> var. <i>viridis</i> , <i>Capsicum</i> spp., <i>Chenopodium</i> sp., <i>Chrysanthemum</i> , <i>Cucumis sativus</i> , <i>Cyclamen</i> sp., <i>Dianthus caryophyllus</i> , <i>Fragaria</i> sp., <i>Lactuca sativa</i> , <i>Malus domestica</i> , <i>Medicago</i> sp., <i>Nicotiana tabacum</i> , <i>Pisum sativum</i> , <i>Prunus persica</i> , <i>Rubus idaeus</i> , <i>Salix</i> sp., <i>S. lycopersicum</i> , <i>S. tuberosum</i> , <i>Ulmus</i> sp., <i>Urtica</i> spp.	Asia: Israel y Turquía Europa: Alemania, Bélgica, Bulgaria, Croacia, Dinamarca, Eslovenia, España, Francia, Irlanda, Italia, Lituania, Noruega, Polonia, Portugal, Reino Unido, República Checa, Rumania, Rusia, Serbia, Suiza, Ucrania.

Tabla 4. Cont. (4/19)

Especie	Nombre común	Plantas hospederas	Distribución
<i>Spodoptera exigua</i> (Lepidoptera: Noctuidae)	Gardama; gardama de la remolacha; gusano del frijol de costa; gusano quelícero; gusano soldado de la remolacha; gusano verde del cogollero	Especie polífaga; ataca a más de 90 especies de plantas	<p>Europa: (excluida la URSS), Bulgaria, Francia, Grecia, Italia, Portugal, España, Yugoslavia.</p> <p>Asia: Afganistán, Arabia Saudita, Bangladesh, Birmania, Camboya, China, Chipre, Corea, Filipinas, India, Indonesia, Irán, Irak, Israel, Japón, Jordania, Laos, Líbano, Pakistán, República Árabe de Yemen, Sri Lanka, Siria, Taiwán, Tailandia, Turquía, Vietnam (Norte), Yemen del Sur,</p> <p>África: Argelia, Botsuana, Burundi, Camerún, Costa de Marfil, Islas Canarias, Egipto, Etiopía, Ghana, Guinea, Kenia, Libia, Madagascar, Malawi, Malí, Marruecos, Mozambique, Níger, Ruanda, Senegal, Somalia, Sudáfrica, Sudán, Suazilandia, Tanzania, Togo, Túnez, Alto Volta, Zaire.</p> <p>Australasia e islas del pacífico: Australia, Hawái, Irian Jaya, América del Norte: Canadá, México, EE. UU., West Indias.</p>

Tabla 5. Cont. (5/19)

Especie	Nombre común	Plantas hospederas	Distribución
<i>Spodoptera littoralis</i> (Lepidoptera: Noctuidae)	Rosquilla negra	Especie polífaga. Ataca especies dentro de más de 40 familias botánicas y por lo menos 87 especies de importancia económica, incluyendo el tomate	África: Argelia, Angola, Benín, Botsuana, Burkina Faso, Burundi, Cabo Verde, Camerún, Chad, República del Congo, Costa de Marfil, Egipto, Eritrea, Etiopia, Gambia, Ghana, Kenia, Libia, Madagascar, Malawi, Mali, Mauritania, Mauricio, Marruecos, Mozambique, Namibia, Níger, Nigeria, Reunión, Ruanda, Senegal, Somalia, Suráfrica, Sudán, Tanzania, Togo, Túnez, Uganda, Zambia, Zimbabue. Asia: Arabia Saudita, China, Emiratos Árabes Unidos, India, Irán, Irak, Israel, Jordania, Líbano, Omán, Pakistán, Siria, Turquía, Yemen. Europa: Alemania, Austria, Bélgica, Croacia, Chipre, Dinamarca, España, Finlandia, Francia, Grecia, Italia, Malta, Países Bajos, Portugal, Suecia, Suiza, Reino Unido.

Tabla 6. Cont. (6/19)

Especie	Nombre común	Plantas hospederas	Distribución
<i>Helicoverpa (Heliothis) armigera</i> (Lepidoptera: Noctuidae)	Gusano de la mazorca, Gusano bellotero del algodón; Gusano del elote del maíz; Oruga del choclo	Es una especie polífaga, incluyendo algodón, tabaco y tomate	<p>Europa: Albania, Alemania, Bulgaria, Francia, Grecia, Hungría, Italia, Malta, Portugal, Rumania, España, Yugoslavia</p> <p>Asia: Afganistán, Arabia Saudita Birmania, Camboya, China, Islas Cocos-Keeling, Chipre, Filipinas, Hainan, India, Indonesia, Irán, Irak, Israel, Japón, Jordania, Corea, Kuwait, Laos, Líbano, Malasia, Nepal, Pakistán, Singapur, Siria, Taiwán, Tailandia, Tíbet, Turquía, Vietnam, Yemen.</p> <p>África: Argelia, Angola, Botsuana, Burundi, Camerún, Cabo Verde, República Centroafricana, Chad, Congo, Egipto, Etiopía, Gabón, Gambia, Ghana, Guinea, Costa de Marfil, Kenia, Libia, Madagascar, Malawi, Mali, Mauritania, Mauricio, Marruecos, Mozambique, Níger, Nigeria, Reunión, Rhodesia, Ruanda, Santa Elena, Senegal, Islas Seychelles, Sierra Leona, Somalia, Sudáfrica, Sudán, Tanzania, Togo, Trípoli, Túnez, Uganda, Zambia.</p> <p>Australasia e Islas del Pacífico: Australia, Islas Carolinas, Fiji, Islas Gilbert, Islas Marianas, Islas Marshall, Nueva Caledonia, Nuevas Hébridas, Nueva Zelanda, Papúa y Nueva Guinea, Islas Fénix, Samoa Occidental, Islas Salomón, Tonga, Irian Jaya.</p>

Tabla 7. Cont. (7/19)

Especie	Nombre común	Plantas hospederas	Distribución
<i>Helicoverpa (Heliothis) zea</i> (Lepidoptera: Noctuidae)	Gusano elotero	Es una especie polífaga, aunque muestra preferencia en América por las mazorcas y borlas de maíz jóvenes. También ataca sorgo y 100 especies de Poaceae, Malvaceae, Fabaceae y Solanaceae.	Asia: China Europa: Eslovenia, Países Bajos, Reino Unido, Rusia, Suiza. América del Norte: Canadá, EE. UU., México. América Central y Caribe: Antigua y Barbuda, Bahamas, Barbados, Bermuda, Costa Rica, Dominica, República Dominicana, El Salvador, Guadalupe, Guatemala, Haití, Honduras, Jamaica, Martinica, Monserrat, Nicaragua, Panamá, Puerto Rico, San Cristóbal y Nieves, santa Lucía, San Vicente y Granadinas, Trinidad y Tobago, América del Sur: Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Ecuador, Guyana Francesa, Guyana, Paraguay, Perú, Surinam, Uruguay, Venezuela.
<i>Manduca quinquemaculata</i> Lepidoptera: Sphingidae	Gusano cachudo del tomate	<i>Nicotiana attenuata</i> , <i>S. lycopersicum</i> , <i>Capsicum</i> sp., <i>Nicotiana tabacum</i> , <i>S. melongena</i> , <i>S. tuberosum</i> , <i>Datura stramonium</i> .	América del Norte: Canadá, EE. UU., México.

Tabla 8. Cont. (8/19)

Especie	Nombre común	Plantas hospederas	Distribución
<i>Manduca sexta</i>	Gusano cachudo		América del Norte: Canadá, EE. UU., México
Lepidoptera:	del tabaco		América Central y el Caribe: Antigua y Barbuda, Bahamas, Barbados, Belice, Costa Rica, Cuba, Dominica, República Dominicana, Granada, Guadalupe, Guatemala, Haití, Honduras, Jamaica, Martinica, Monserrat, Nicaragua, Panamá, Puerto Rico, San Cristóbal y Nieves, Santa Lucía, San Vicente y Granadinas, Trinidad y Tobago.
Sphingidae			América del Sur: Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Ecuador , Guyana Francesa, Paraguay, Perú, Surinam, Uruguay, Venezuela
			Oceanía: Papua Nueva Guinea

Tabla 9. Cont. (9/19)

Especie	Nombre común	Plantas hospederas	Distribución
<i>Trialeurodes vaporariorum</i> (Hemiptera: Aleyrodidae)	Mosca blanca	<i>Manihot esculenta</i> , <i>Gossipium barbadense</i> , <i>Phaseolus vulgaris</i> , <i>Tagetes minuta</i> , <i>Solanum lycopersicum</i> , <i>Lantana camara</i> , <i>Solanum tuberosum</i> , <i>Helianthus annuus</i> , <i>Vicia faba</i> , y plantas ornamentales	<p>África: Argelia, Etiopía, Kenia, Ghana, Madeira, Marruecos, Reunión, Sudáfrica, Túnez, Zimbabue.</p> <p>Asia: Bangladesh, China, Corea del Norte, Filipinas, India, Indonesia, Irán, Israel, Japón, Jordania, República de Corea, Singapur, Sri Lanka, Turquía, Uzbekistán.</p> <p>Europa: Albania, Alemania, Austria, Bélgica, Bosnia-Herzegovina, Bulgaria, Islas Canarias, Croacia, República Checa, Dinamarca, Estonia, Finlandia, Francia, Grecia, Hungría, Irlanda, Italia, Letonia, Lituania, Malta, Montenegro, Países Bajos, Noruega, Polonia, Portugal, Rumania, Federación de Rusia, Serbia, España, Suecia, Suiza, Reino Unido, Yugoslavia (ex), Turkmenistán.</p> <p>América del Norte: Bermudas, Canadá, EE. UU., México</p> <p>América Central y el Caribe: Antillas Holandesas, Barbados, Belice, Costa Rica, Cuba, El Salvador, Guadalupe, Guatemala, Honduras, Jamaica, Martinica, República Dominicana, Panamá, Puerto Rico</p> <p>América del Sur: Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Ecuador, Guayana Francesa, Perú, Uruguay, Venezuela</p>



Tabla 10. Cont. (10/19)

Especie	Nombre común	Plantas hospederas	Distribución
<i>Bemisia tabaci</i> (Hemiptera: Aleyrodidae)	Mosca blanca	Especie polífaga, causa daño económico en <i>Manihot esculenta</i> , <i>Gossipium</i> spp., <i>Ipomoea batata</i> , <i>Nicotiana tabacum</i> , <i>Solanum lycopersicum</i>	<p>África: Argelia, Etiopia, Kenia, Marruecos, Reunión, Sudáfrica, Zimbabue.</p> <p>Asia: Bangladesh, China, Corea del Norte, Filipinas, Hong Kong, India, Indonesia, Irán, Israel, Japón, Jordania, Singapur, Sri Lanka, Turquía, Uzbekistán, Yemen.</p> <p>Europa: Albania, Alemania, Austria, Bélgica, Bosnia y Herzegovina, Bulgaria, Croacia, Dinamarca, Eslovenia, España, Estonia, Finlandia, Francia, Grecia, Hungría, Italia, Letonia, Lituania, Malta, Montenegro, Noruega, Países Bajos, Polonia, Portugal, Reino Unido, República Checa, Rumania, Rusia, Serbia, Suecia, Suiza, Yugoslavia (ex).</p> <p>América del Norte: Canadá, EE. UU., México</p> <p>América Central y el Caribe: Antillas Holandesas, Barbados, Belice, Bermuda, Costa Rica, Cuba, El Salvador, Guadalupe, Guatemala, Honduras, Jamaica, Martinica, Panamá, Puerto Rico, República Dominicana,</p> <p>América del Sur: Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Ecuador, Guyana Francesa, Perú, Uruguay, Venezuela.</p> <p>Oceanía: Australia, Nueva Zelanda, Papua Nueva Guinea.</p>

Tabla 11. Cont. (11/19)

Especie	Nombre común	Plantas hospederas	Distribución
<i>Bactericera cockerelli</i> (Hemiptera:	Psílido de la papa/tomate	<i>Solanum tuberosum</i> , <i>Solanum lycopersicum</i> , <i>Capsicum annuum</i> , <i>Solanum melongena</i> , <i>Nicotiana tabacum</i> , <i>Solanum</i> spp., <i>Physalis</i> spp., <i>Lycium</i> spp.	América del Norte: Canadá, EE. UU., México América Central y el Caribe: El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua, América del Sur: Ecuador Europa: Austria, Países Bajos Oceanía: Australia, Nueva Zelanda
<i>Frankliniella occidentalis</i> (Thysanoptera: Thripidae)	Trips de las flores	Especie polífaga con más de 250 especies de plantas dentro de más de 65 familias botánicas	Asia: Chipre, Israel, Japón, Corea, Kuwait, Malasia, Sri Lanka, Turquía, África: Kenia, Reunión, Sudáfrica, Suazilandia, Túnez, Zimbabue, América del Norte: Canadá, EE. UU., México. América Central y el Caribe: Costa Rica, Guatemala, Martinica, Puerto Rico, República Dominicana. América del Sur: Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Ecuador , Guayana Francesa, Guyana, Perú, Venezuela. Europa: Alemania, Austria, Bélgica, Bulgaria, Croacia, República Checa, Dinamarca, Eslovaquia, Eslovenia, España, Estonia, Finlandia, Francia, Francia, Grecia, Hungría, Irlanda, Italia, Italia, Letonia, Lituania, Macedonia, Malta, Países Bajos, Noruega, Polonia, Portugal, Rumania, Rusia, Suecia, Suiza, Reino Unido. Oceanía: Australia, Nueva Gales del Sur, Queensland, Australia del Sur, Tasmania, Victoria, Australia Occidental, Nueva Zelanda.

Tabla 12. Cont. (12/19)

Especie	Nombre común	Plantas hospederas	Distribución
<i>Frankliniella fusca</i> (Thysanoptera: Thripidae)	Trips del tabaco	Especie polífaga y causa daño económico en <i>Nicotiana tabacum</i> , <i>Citrullus lanatus</i> , <i>Solanum lycopersicum</i> , <i>Capsicum annuum</i> , <i>Gissipium</i> spp., <i>Arachis hipogaeae</i>	América del Norte: Canadá, EE. UU., México. América Central y el Caribe: Cuba, Martinica, Puerto Rico. Asia: Japón Europa: Países Bajos
<i>Liriomyza bryoniae</i> (Dipter: Agromyzidae)	Minador de la hoja	<i>Brassica oleracea</i> var. <i>capitata</i> , <i>Cucumis sativus</i> , <i>Lactuca sativa</i> , <i>Cucurbita pepo</i> , <i>Cucumis melo</i> , <i>Solanum lycopersicum</i> , <i>Citrullus lanatus</i> .	Europa: Albania, Alemania, Bélgica, Bulgaria, Dinamarca, España, Finlandia, Francia, Grecia, Grecia, Hungría, Italia, Lituania, Malta, Moldavia, Países Bajos, Noruega, Polonia, Portugal, República Checa, Rumanía, Rusia, Siberia, Suecia, Reino Unido, Ucrania Asia: China, Corea del Sur, India, Indonesia, Irak, Israel, Japón, Nepal, Taiwán, Turquía, Turkmenistán, Vietnam. África: Egipto, Marruecos. América del Norte: EE. UU.

Tabla 13. Cont. (13/19)

Especie	Nombre común	Plantas hospederas	Distribución
<i>Liriomyza trifolii</i> (Diptera: Agromyzidae)	Minador de la hoja	Especie polífaga que ataca más de especies de plantas incluidas en más de familias botánicas. <i>Apium graveolens</i> , <i>Aster</i> spp., <i>Chrysanthemum</i> spp., <i>Gerbera</i> spp., <i>Dahlia</i> spp., <i>Ixeris stolonifera</i> , <i>Lactuca sativa</i> , <i>Zinnia</i> spp., <i>Brassica</i> spp., <i>Gypsophila</i> spp., <i>Spinacia oleracea</i> , <i>Beta vulgaris</i> , <i>Cucumis</i> spp., <i>Cucurbita</i> spp., <i>Glycine max</i> , <i>Medicago sativa</i> , <i>Phaseolus vulgaris</i> , <i>Pisum sativum</i> , <i>Pisum</i> spp., <i>Trifolium</i> spp., <i>Vicia faba</i> , <i>Allium cepa</i> , <i>Allium sativum</i> , <i>Capsicum annuum</i> , <i>Capsicum frutescens</i> , <i>Petunia</i> spp., <i>Solanum lycopersicum</i> , <i>Solanum</i> spp.	África: Benín, Costa de Marfil, Egipto, Etiopía, Guinea, Kenia, Madagascar, Mauricio, Marruecos, Nigeria, Reunión, Senegal, Sudáfrica, Sudán, Tanzania, Túnez, Zambia, Zimbabue. América del Norte: Canadá, EE. UU., México América Central y el Caribe: Antillas Holandesas, Bahamas, Barbados, Bermuda, Costa Rica, Cuba, Guadalupe, Guatemala, Martinica, Puerto Rico, República Dominicana, San Cristóbal y Nieves, Trinidad y Tobago. América del Sur: Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Ecuador , Guyana Francesa, Guyana, Perú, Venezuela. Asia: Arabia Saudita, Camboya, China, Corea del Sur, Emiratos Árabes Unidos, Filipinas, India, Indonesia, Irak, Israel, Japón, Laos, Líbano, Malasia, Omán, Taiwán, Tailandia, Turquía, Vietnam, Yemen Europa: Alemania, Austria, Bélgica, Bosnia Herzegovina, Bulgaria, Croacia, Chipre, Dinamarca, Eslovaquia, Eslovenia, España, Estonia, Finlandia, Francia, Grecia, Hungría, Italia, Lituania, Malta, Montenegro, Noruega, Países Bajos, Polonia, Portugal, Reino Unido, República Checa, Rumania, Rusia, Serbia y Montenegro, Suecia, Suiza. Oceanía: Australia, Guan, Micronesia, Samoa, Samoa Americana, Tonga.

Tabla 14. Cont. (14/19)

Especie	Nombre común	Plantas hospederas	Distribución
<i>Liriomyza huidobrensis</i> (Diptera: Agromyzidae)	Minador de la hoja		<p>África: Camerún, Congo, Egipto, Etiopia, Guinea, Marruecos, Nigeria, Sudáfrica, Sudán, Tanzania, Uganda, Zimbabue.</p> <p>América del Norte: Canadá, EE. UU., México</p> <p>América Central y el Caribe: Antigua y Barbuda, Antillas Holandesas, Bahamas, Barbados, Costa Rica, Cuba, Dominica, Guadalupe, Guatemala, Jamaica, Martinica, Monserrat, Nicaragua, Panamá, Puerto Rico, República Dominicana, San Cristóbal y Nieves, Santa Lucía, San Vicente y Granadinas, Trinidad y Tobago.</p> <p>América del Sur: Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Ecuador, Guyana Francesa, Perú, Surinam, Venezuela.</p> <p>Asia: Bangladesh, Camboya, China, India, Indonesia, Irán, Irak, Israel, Japón, Jordania, Laos, Malasia, Omán, Pakistán, Turquía, Uzbekistán, Vietnam, Yemen</p> <p>Europa: Bélgica, Croacia, Eslovenia, Estonia, Finlandia, Lituania, Países Bajos, Polonia, Reino Unido.</p> <p>Oceanía: Australia, Guam, Islas Cook, Islas Marianas, Micronesia, Nueva Caledonia, Polinesia Francesa, Samoa, Samoa Americana, Vanuatu.</p>

Tabla 15. Cont. (15/19)

Especie	Nombre común	Plantas hospederas	Distribución
<i>Liriomyza sativae</i> (Diptera: Agromyzidae)	Minador de la hoja		<p>África: Camerún, Congo, Egipto, Etiopia, Guinea, Marruecos, Nigeria, Sudáfrica, Sudán, Tanzania, Uganda, Zimbabue.</p> <p>América del Norte: Canadá, EE. UU., México</p> <p>América Central y el Caribe: Antigua y Barbuda, Antillas Holandesas, Bahamas, Barbados, Costa Rica, Cuba, Dominica, Guadalupe, Guatemala, Jamaica, Martinica, Monserrat, Nicaragua, Panamá, Puerto Rico, República Dominicana, San Cristóbal y Nieves, Santa Lucía, San Vicente y Granadinas, Trinidad y Tobago.</p> <p>América del Sur: Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Ecuador, Guyana Francesa, Perú, Surinam, Venezuela.</p> <p>Asia: Bangladesh, Camboya, China, India, Indonesia, Irán, Irak, Israel, Japón, Jordania, Laos, Malasia, Omán, Pakistán, Turquía, Uzbekistán, Vietnam, Yemen</p> <p>Europa: Bélgica, Croacia, Eslovenia, Estonia, Finlandia, Lituania, Países Bajos, Polonia, Reino Unido.</p> <p>Oceanía: Australia, Guam, Islas Cook, Islas Marianas, Micronesia, Nueva Caledonia, Polinesia Francesa, Samoa, Samoa Americana, Vanuatu.</p>



Tabla 16. Cont. (16/19)

Especie	Nombre común	Plantas hospederas	Distribución
<i>Tetranychus urticae</i> (Acari: Tetranychidae)	Ácaro de dos manchas	Especie polífaga, incluyendo varios cultivos de invernadero como <i>S. lycopersicum</i> , <i>C. sativa</i> , <i>Capsicum annum</i> , flores, etc.	<p>África: Benín, Camerún, Congo, Egipto, Kenia, Libia, Madagascar, Malawi, Mauritania, Marruecos, Mozambique, Reunión, Senegal, Sierra Leona, Sudáfrica, Sudán, República Democrática del Congo, Suazilandia, Tanzania, Túnez, Uganda, Zambia, Zimbabue</p> <p>América del Norte: Canadá, EE. UU., México</p> <p>América Central y el Caribe: Costa Rica, Cuba, Guadalupe</p> <p>América del Sur: Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Ecuador, Guyana, Surinam, Venezuela.</p> <p>Asia: Bangladesh, Camboya, China, India, Indonesia, Irán, Irak, Israel, Japón, Jordania, Laos, Malasia, Omán, Pakistán, Turquía, Uzbekistán, Vietnam, Yemen</p> <p>Europa: Albania, Alemania, Austria, Bélgica, Bielorrusia, Bosnia y Herzegovina, Bulgaria, Croacia, Chipre, Dinamarca, Eslovaquia, Eslovenia, España, Estonia, Finlandia, Francia, Grecia, Hungría, Italia, Letonia, Lituania, Malta, Moldavia, Montenegro, Países Bajos, Noruega, Polonia, Reino Unido, República Checa, Rumania, Rusia, Serbia, Suecia, Suiza, Ucrania,</p> <p>Oceanía: Australia, Islas Solomon, Nueva Caledonia, Nueva Zelanda, Papua Nueva Guinea,</p>

Tabla 17. Cont. (17/19)

Especie	Nombre común	Plantas hospederas	Distribución
<i>Tetranychus evansi</i> (Acari: Tetranychidae)	Ácaro rojo del tomate	Especie polífaga, con preferencia en cultivos de solanáceas	<p>África: Argelia, Benín, Congo, Gambia, Kenia, Malawi, Mauricio, Marruecos, Mozambique, Namibia, Níger, Reunión, República Democrática del Congo, Senegal, Seychelles, Somalia, Sudáfrica, Tanzania, Túnez, Zambia, Zimbabue.</p> <p>América del Norte: EE. UU.</p> <p>América Central y el Caribe: Puerto Rico, República Dominicana, Islas Vírgenes Americanas.</p> <p>América del Sur: Argentina, Brasil</p> <p>Asia: Arabia Saudita, China, Israel, Japón, Jordania, Siria, Taiwán, Turquía.</p> <p>Europa: España, Francia, Grecia, Italia, Países Bajos, Portugal, Serbia.</p>

Tabla 18. Cont. (18/19)

Especie	Nombre común	Plantas hospederas	Distribución
<i>Polyphagotarsonemus latus</i> (Acari: Tarsonemidae)	Ácaro blanco	Esta es una especie polífaga encontrada en un amplio número de plantas pertenecientes a más de 60 familias botánicas	<p>África: Benín, Burkina Faso, Burundi, Camerún, Chad, Costa de Marfil, Etiopía, Kenia, Liberia, Mali, Mauricio, Marruecos, Mozambique, Nigeria, República Centroafricana, Senegal, Sudáfrica, Sudán, Tanzania, Uganda.</p> <p>América del Norte: Canadá, EE. UU.</p> <p>América Central y el Caribe: Bermuda, Costa Rica, Cuba, Guadalupe, Islas Vírgenes Americanas, Jamaica, Martinica, Nicaragua, Panamá, Puerto Rico, Trinidad y Tobago,</p> <p>América del Sur: Argentina, Brasil, Colombia, Guyana, Perú, Venezuela.</p> <p>Asia: Arabia Saudita, Bangladesh, China, Corea del Sur, Filipinas, India, Indonesia, Irán, Japón, Malasia, Myanmar, Omán, Pakistán, Singapur, Sri Lanka, Taiwán, Tailandia, Turquía, Vietnam</p> <p>Europa: Alemania, Bélgica, España, Francia, Grecia, Hungría, Italia, Montenegro, Noruega, Países Bajos, Polonia, Portugal, Reino Unido, Rumania, Serbia, Suecia, Suiza.</p> <p>Oceanía: Australia, Fiji, Guam, Islas Solomon, Nueva Zelandia, Papua Nueva Guinea, Samoa.</p>

Tabla 19. Cont. (19/19)

Especie	Nombre común	Plantas hospederas	Distribución
<i>Aculops lycopersici</i> (Acari: Eriophyidae)	Ácaro bronceado tomate	del del de <i>S. lycopersicum</i> especies Solanaceae	África: Angola, Egipto, Etiopía, Kenia. Libia, Mauricio, Marrueco, Mozambique, Senegal, Sudáfrica, Túnez, Zambia, Zimbabue. América del Norte: Canadá, EE. UU., México América Central y el Caribe: Antigua y Barbuda, Antillas Holandesas, Bermuda, Cuba, Curazao, Granada, Guadalupe, Martinica, Monserrat, Trinidad y Tobago. América del Sur: Argentina, Brasil, Chile, Guayana Francesa, Uruguay, Venezuela. Asia: Arabia Saudita, Armenia, Azerbaiyán, China, Corea del Norte. Georgia, Hong Kong, Irán, Irak, Israel, Jordania, Líbano, Sri Lanka, Siria, Turquía, Uzbekistán, Yemen. Europa: Bulgaria, Croacia, Chipre, República Checa, Eslovenia, España, Finlandia, Francia, Grecia, Hungría, Italia, Malta, Moldavia, Países Bajos, Portugal, Reino Unido, Rusia, Suecia, Suiza, Ucrania. Oceanía: Australia, Fiji, Nueva Caledonia, Nueva Zelandia, Vanuatu.

Fuentes: <https://www.plantwise.org/knowledgebank>; Bulletin OEPP/EPPO Bulletin (2013); EPPO Global Database (2021); Migeon y Dorkeld (2021); Santana et al. (2019).

Keiferia lycopersicella (Lepidoptera: Gelechiidae)

Conocido como gusano alfiler, es considerada una plaga importante del tomate en las regiones tropicales y subtropicales de los Estados Unidos. Las larvas de los primeros instares causando minas foliares, mientras que las larvas más grandes provocan enrollamiento de hojas y perforación de frutos, lo cual promueve el desarrollo de agentes fitopatógenos, lo que generalmente provoca la muerte de la planta o la pudrición de la fruta (Simmons et al., 2018). Aunque *K. lycopersicella* es originaria del sur de Estados Unidos, esta plaga ha expandido su distribución al Caribe, Centro y Sur América, incluyendo el Ecuador, sin embargo, hasta la fecha no existen datos de su distribución en el país.

Tuta absoluta (Lepidoptera: Gelechiidae)

Sus larvas pueden atacar hojas, tallos y frutos de tomate, ocasionando galerías de forma irregular en las hojas que terminan en necrosis foliar, lo que pueden provocar el secado general de la planta, mientras que cuando se alimenta de frutos genera punto de entrada a patógenos disminuyendo el valor comercial del fruto (Erol et al., 2021).

Manduca sexta (Lepidoptera: Sphingidae)

El gusano cachudo del tabaco es una especie originaria América del Sur que actualmente ha ampliado a diferentes partes del mundo debido a su alta capacidad de dispersión y comportamiento polífago, capaz de alimentarse de más de 30 especies con preferencia en especies de Solanaceae (tomate, tabaco, pimiento, papa y berenjena) en las cuales se comportan como defoliadores voraces, convirtiéndose en importantes plagas agrícolas (Garvey et al., 2020).

Trialeurodes vaporariorum y *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae)

Sus fases inmaduras (ninfas) y adultos se alimentan del floema de pantas de tomate extrayendo sustancias nutritivas y a la vez secretan sustancias azucaradas que promueven el crecimiento de fumagina, causando pérdidas significativas del

rendimiento (Johnson et al., 1992). Dentro del grupo de las moscas blancas existen aproximadamente 1550 especies descritas de las cuales 50 causan pérdidas en la agricultura, siendo *Trialeurodes vaporariorum* y el complejo de especies incluidas dentro de *Bemisia tabaci* las especies económicamente más importantes debido a su capacidad de transmitir diferentes tipos de virus, particularmente en las regiones tropicales y subtropicales donde se han reportado incrementos de sus poblaciones y consecuentemente en las pérdidas de cultivos (Can-Vargas et al., 2020).

Trialeurodes vaporariorum, a diferencia de *B. tabaci*, se adapta mejor a los climas fríos y es común en grandes alturas, aunque ambas especies pueden coexistir, especialmente en invernaderos, aunque bajo condiciones cálidas, la última mosca blanca tiende a competir con más éxito (Barboza et al., 2019). Aparte de la cantidad de virus transmitidos por estas dos especies, el *Tomato torrado virus* (ToTV) fue observado en Europa caracterizado por una necrosis en hojas y frutos de plantas de tomate bajo invernadero, causando reducción severa de la producción (Pospieszny et al., 2019).

Bactericera cockerelli (Hemiptera: Triozidae)

El psílido del tomate/papa, *Bactericera cockerelli*, es el vector para la transmisión de *Candidatus Liberibacter solanacearum*, la cual es una alfaproteobacteria asociada con 'amarillamiento permanente del tomate' y/o 'declive del tomate' provocando pérdidas económicas en tomate en Centro y Norteamérica y Nueva Zelanda (Garzón-Tiznado et al., 2020). Hasta la fecha se han identificado varios haplotipos de este patógeno, de los cuales los haplotipos A y B infectan los cultivos de solanáceas en América del Norte y causan enfermedades severas, incluyendo el Zebra Chip en la papa

Actualmente, el control del psílido se hace fundamentalmente mediante el uso de insecticidas puesto que hasta el momento no se ha identificado ningún tipo de resistencia genética comercialmente aceptable en los cultivos afectados, sin embargo, la efectividad de los insecticidas es limitada, por lo tanto se requieren nuevos enfoques de control, los cuales se ven limitados por la complejidad de los sistemas patógeno-

vector, la falta de conocimiento fundamental de la biología del vector y la naturaleza exigente de los patógenos (Tang et al., 2020).

Frankliniella occidentalis

Moscas minadoras (*Liriomyza trifolii*, *Liriomyza huidobrensis* y *Liriomyza sativae*) (Diptera: Agromyzidae):

El género *Liriomyza* incluye varias especies de importancia económica en varios cultivos entre las cuales se citan *L. brassicae* (Riley), *L. bryoniae* (Kalt.), *L. cepae* (Hg.), *L. cicerina* (Rond.), *L. congesta* (Besck.), *L. crucifericola* (Hg.), *L. flaveola* (Fall.), *L. huidobrensis* (Blanchard), *L. nietzkei* Sp., *L. pisivola* Hg., *L. sativae* Blanchard, *L. strigata* (Mg.), *L. trifolii* (Burguess) y *L. urophorina* Mik. (Barranco Vega, 2003).

La mayoría de las especies muestran un alto nivel de especificidad hospedera, sin embargo algunas especies son polífagas capaces de producir pérdidas económicas severas en cultivos hortícolas y ornamentales debido a las minas producidas por sus larvas, de las cuales se ha reportado que *L. trifolii* provocó pérdidas en apio de hasta US \$ 9 millones, mientras que en lechuga llegan a duplicarse (Kandel et al., 2021). Los daños causados por las especies de *Liriomyza* se debe al efecto en la reducción de la fotosíntesis causada por las cicatrices dejadas por la perforación por alimentación y oviposición, la formación de las por la alimentación de larvas y por el daño estético que dificulta su comercialización (Kandel et al., 2021).

Ácaros arañas (*Tetranychus urticae* y *Tetranychus evansi*) (Acari: Tetranychidae):

Las especies de tetraníquidos provocan manchas blancas y bronceado en hojas de plantas fuertemente infestadas, por lo que una de las estrategias de control detectar sus poblaciones en estado inicial usando una lupa de mano (CABI, 2019).

T. urticae es una especie cosmopolita y altamente polífaga, cuyas poblaciones alcanzan altas densidades bajo condiciones ambientales adecuadas, causando reducción en el rendimiento de los cultivos (CABI, 2019).

Tetranychus evansi es un ácaro tetraníquido que prefiere alimentarse sobre Solanáceas en las cuales suprime las defensas de las plantas de tomate y junto con *T. urticae* pueden coexistir una planta, sin embargo, la mayoría de cepas de *T. urticae* inducen las defensas de las plantas de tomate, lo que conduce a un menor rendimiento herbívoro en las plantas infestadas (Godinho et al., 2020).

Tetranychus evansi es una plaga severa en varias especies de Solanaceae de importancia económica, tales como tomate, berenjena, papa, tabaco con amplia capacidad invasora en países tanto tropicales como de clima templado en donde puede causar pérdidas que pueden llegar al 100% en tomate (Ghazy et al., 2019).

4.2. Especies de fitopatógenos más frecuentemente asociadas con el cultivo de tomate y su impacto en el cultivo

El cultivo de tomate, al igual que otros cultivos de hortalizas, es atacado por una serie de hongos y oomicetos tales como *Pythium* spp., *Phoma betae* Frank, *Fusarium oxysporum* Schlecht, otros fitopatógenos que causan daño al follaje como *Rhizoctonia solani* Kühn y *Sclerotium rolfsii* Sacc, además de bacterias como *Ralstonia solanacearum*, que pueden provocar grandes pérdidas al agricultor (Lahiri y Orr, 2018).

Pythium spp.

La pudrición de la raíz ocasionada por especies de *Pythium* es una enfermedad de amplia distribución que puede resultar muy destructiva especies hortícolas, incluyendo pepino, tomate, pimiento, espinaca, lechuga, entre otras, amenazando la productividad de hortalizas de invernadero (Sutton et al., 2006).

Fusarium oxysporum

El marchitamiento causado por *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* (Fol) se caracteriza por un amarillento en hojas viejas y jóvenes, seguido de marchitez y muerte de la planta. Su principal forma de manejo de la enfermedad es mediante el uso de

variedades resistentes, pero el surgimiento de nuevas razas del patógeno ha dificultado el manejo de la enfermedad debido a que existen pocas variedades resistentes (Gonçalves et al., 2021). Este hongo causa pérdidas económicas significativas en muchos cultivos, incluido el tomate, donde ocurren principalmente por *F. oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* causante de la pudrición de la corona y la raíz, y *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici* (Sacc.) causante de la marchitez vascular (Debbi et al., 2018). Esta especie está ampliamente distribuida en países de América Latina, incluyendo Ecuador.

Rhizoctonia solani

Los agentes patógenos causantes de las pudriciones radiculares o ahogamiento, entre las que se incluye *Rhizoctonia solani*, junto con *Alternaria solani* y *Phytophthora infestans*, causantes del tizón temprano y tardío provocan pérdidas económicas entre 50 y 100 % (Dávila et al., 2017). *Rhizoctonia solani* está conformado por un complejo de especies que se transporta en suelos infestados, mediante el movimiento de tejidos vegetales enfermos o por semillas y puede sobrevivir en el suelo durante varios años dentro de material vegetal enfermo en forma de micelios o esclerocios (Taheri y Tarighi, 2012).

Sclerotium rolfsii

Este hongo produce la pudrición del tallo en las plantas de tomate, pudiendo causar desde un 30% de pérdida de cultivos en condiciones de invernadero y hasta un 95% en campo bajo condiciones de altas temperatura y humedad, en las cuales sus micelios forman esclerocios que le permite sobrevivir durante prolongados períodos. La pudrición del tallo es considerada uno de los principales problemas en la producción de tomate en países tanto de zonas tropicales, subtropicales y de clima templado y se manifiesta por pudrición en plántulas donde se inicia con una pequeña lesión húmeda en la parte basal del tallo, mientras que etapa reproductiva causa la enfermedad del tizón (Nugroho et al., 2019). La enfermedad comienza con una pequeña. Su distribución geográfica es amplia, incluyendo países latinoamericanos entre los cuales se encuentra Ecuador.

Ralstonia solanacearum

Este es considerado el patógeno de mayor importancia en cultivos de solanáceas en las regiones tropicales, aunque también es capaz de inducir pérdidas importantes en regiones templadas, aunque hasta la fecha no se dispone de datos precisos sobre pérdidas de rendimiento y otros impactos económicos (CABI, 2019). Varios factores pueden afectar la incidencia de la enfermedad y la disminución del rendimiento, entre los cuales se citan la temperatura, la precipitación y la humedad relativa además de los suelos arcillosos con alta capacidad de retención de agua son favorables para el patógeno y la incidencia de marchitez (CABI, 2019).

4.3. Impacto del uso de agentes de biocontrol para el control de plagas y enfermedades del cultivo de tomate

Del análisis hecho sobre las tácticas de control biológico aplicados a las plagas presentes en tomate, se observó que el control biológico es principalmente usado para el control de los insectos plaga (50%), seguido de los hongos fitopatógenos (44%) y en una menor proporción para el control de nematodos fitoparasíticos (Fig. 7).

Porcentaje de plagas de tomate controladas biológicamente

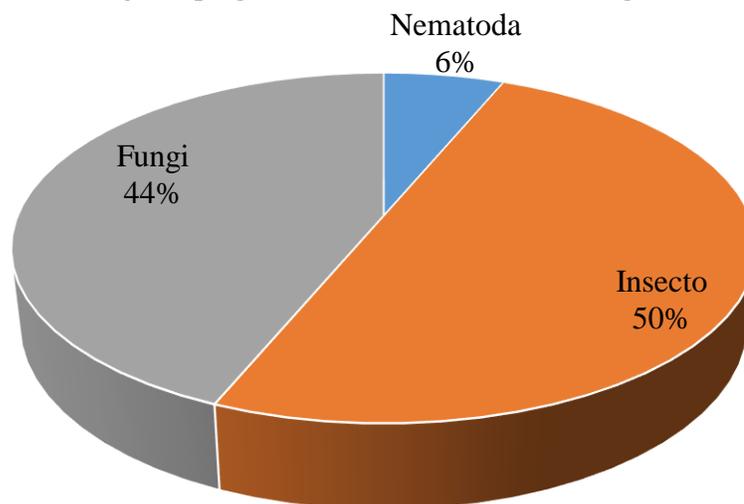


Figura 7. Porcentaje de experiencias de control biológico aplicado a plagas en tomate

Tabla 20. Principales agentes de biocontrol usados a nivel mundial para el manejo de plagas en tomate (1/2)

Autores	Año	Plaga	Grupo taxonómico	Especie de biocontrol	Grupo taxonómico	País o región	Efecto	Tipo de investigación
Sahebani y Gholamrezaee	2021	<i>Meloidogyne javanica</i>	Nematoda	<i>Pseudomonas fluorescens</i>	Bacterias	Irán	Promotor	Experimental
Ding et al	2021	Hongos fitoparásitos	Fungi	<i>Trichoderma arenarium</i> ; <i>Trichoderma asperelloides</i>	Fungi	China	Promotor	Experimental
Kunova et al	2021	Hongos fitoparásitos	Fungi	<i>Streptomyces</i>	Bacterias	Italia	Promotor	Experimental
Mwamburi	2021	<i>Spodoptera frugiperda</i>	Insecta: Lepidoptera	<i>Beauveria bassiana</i> ; <i>Metarhizium anisopliae</i>	Fungi	Kenia	Entomopatógenos	Experimental
Yu et al	2020	<i>Alternaria alternata</i>	Fungi	<i>Trichoderma asperellum</i> ; <i>T. harzianum</i> ; <i>T. hamatum</i> ; <i>T. atroviride</i>	Fungi	China	Promotor	Experimental
Pérez-Hedo et al	2020	<i>Bemisia tabaco</i> , <i>Trialeurodes vaporariorum</i> , <i>Tuta absoluta</i>	Insecta: Hemiptera; lepidoptera	<i>Nesidiocoris tenuis</i> ; <i>Macrolophus pygmaeus</i> ; <i>Dicyphus hesperus</i>	Insecta: Hemiptera: Miridae	No aplica	Depredación	Revisión
Duarte et al	2020	<i>Ephestia kuehniella</i>	Insecta Leidoptera	<i>Nesidiocoris tenuis</i>	Insecta: Hemiptera: Miridae	Portugal	Depredación	Experimental

Fuente: Corrales Cristian (2021)

Tabla 21. Cont. (2/2)

Autores	Año	Plaga	Grupo taxonómico	Especie de biocontrol	Grupo taxonómico	País o región	Efecto	Tipo de investigación
Silva et al	2020	No indica	No indica	<i>Nesidiocoris tenuis</i> ; <i>Macrolophus pygmaeus</i> ; <i>Dicyphus bolivari</i>	Insecta: Hemiptera: Miridae	Brasil	Depredación	Experimental
Giorgini et al	2018	<i>Tuta absoluta</i>	Insecta Lepidoptera	Miridae; <i>Bacillus thuringiensis</i> ;	Insecta: Hemiptera: Miridae- Bacterias	Brasil	Depredación; entomopatogenos	Experimental
Castresana et al	2019	<i>Trialeurodes vaporariorum</i>	Insecta: Hemiptera	<i>Encarsia formosa</i>	Insecta: Hymenoptera	Argentina	Parasidoide	Experimental
Kabdwa et al	2019	<i>Phytophthora infestans</i> , <i>Fusarium oxysporum</i> , <i>Ralstonia solanacearum</i>	Fungi	<i>Trichoderma harzianum</i> ; <i>Pseudomonas fluorescens</i>	Fungi; Bacteria	Egipto	Entomopatógenos	Experimental

Fuente: Corrales Cristian (2021)

Con relación a los organismos usados como agentes de biocontrol se demostró que los insectos representan el grupo más usado en programas de control biológico, ya sea como depredador o parasitoide, seguido de los hongos entomopatógenos y bacterias (Figs. 8 y 9).

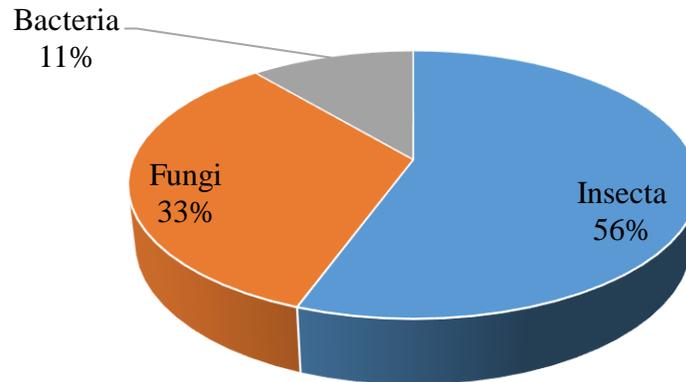


Figura 8. Principales grupos de organismos usados en programas de control biológico a nivel mundial

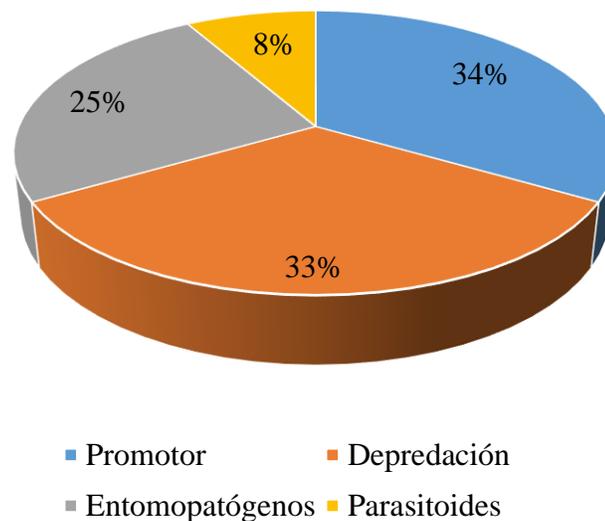


Figura 9. Formas en que es aplicado el control biológico de plagas en tomate

Especies biocontroladoras de Lepidopteras plaga en tomate

a. Parasitoides

En India, se han evaluado las especies *Trichogramma achaeae* Nagaraja y Nagarkatti, *Trichogramma pretiosum* Riley y *Trichogrammatoidea bactrae* Nagaraja lograron porcentaje de parasitismo de huevos de *T. absoluta* de 5,0; 51,1 y 68,2%, respectivamente, con éxito de emergencia de adultos de 4,8; 97,5 y 90,0%, respectivamente (Ballal et al., 2016).

En vista de la efectividad de las especies de *Trichogramma* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) actualmente son utilizados ampliamente como agente de biocontrol biológico contra varias especies de lepidópteros plaga, incluyendo *T. absoluta*. Sin embargo, su inclusión en programas de control biológico se requiere conocer los requisitos térmicos de las especies de manera optimizar los procedimientos de cría y liberaciones inundativas. En España, Pino et al. (2020) determinaron los parámetros biológicos de *Trichogramma achaeae* a 15, 20, 25, 30 y 35 °C utilizando huevos de *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae), demostrando que este parasitoides pudo desarrollarse y sobrevivir a temperaturas entre 15 y 30 °C, pero no a 35 °C, sin embargo, la temperatura afectó tanto el desarrollo embrionario, longevidad y proporción sexual de la descendencia.

Schäfer y Herz (2020) identificaron a *Trichogramma nerudai*, *Trichogramma pintoii* y *Trichogramma cacoeciae* como potenciales agentes de control biológico de *T. absoluta* en Europa, las cuales mostraron niveles de parasitismo similares a los de *T. achaeae*. Adicionalmente, Manohar et al. (2020) investigaron la respuesta funcional de *T. achaeae*, *T. pretiosum*, *Trichogramma chilonis* (Ishii) y *Trichogramma pieridis* Nagaraja y Prashanth a los huevos de *T. absoluta* y demostraron que todos los parasitoides mostraron una respuesta funcional de tipo II con el menor tiempo de manipulación para *T. achaeae* (1,6 h) seguido de *T. pretiosum* (1,86 h), *T. chilonis* (2,16 h) y *T. pieridis* (2,65 h) y un número máximo de 16, 13, 11 y 9 huevos parasitados en 24 h/hembra. Estos autores afirmaron que *T. achaeae* y *T. pretiosum* fueron más

eficientes que las otras dos especies contra *T. absoluta*, por lo que estas dos especies deben ser considerados en programas de manejo integrado de plagas basados en el control biológico de *T. absoluta*.

En Iran, Chamaani y Poorjavad (2020) evaluaron la eficiencia de *Trichogramma brassicae*, *Trichogramma evanescens* y *Trichogramma principium* para el control de huevos de *T. absoluta* y observaron que *T. evanescens* mostró la mayor capacidad de parasitismo (26,82%), la cual fue influenciada por la edad del parasitoide, mientras que *T. brassicae* y *T. principium* solo lograron parasitar el 7,82 y 3,17 %, respectivamente. Los autores señalaron que, con base en las bajas tasas de parasitismo mostradas por las poblaciones autóctonas no deberían ser usadas como única estrategia de control de *T. absoluta*.

Wang y Shipp (2004) demostraron la eficiencia de *T. pretiosum* como controlador biológico de *Keiferia lycopersicella* (Walsingham) al observar que este parasitoide tenía una alta capacidad de dispersión que varió desde 0,67 a 0,9 m durante los 4 días posteriores a la introducción provocando una tasa de mortalidad de 66, 46 y 34% cuatro días después de la introducción cada 1, 2 u 8 m², respectivamente, lo que, de acuerdo a los resultados, sugiere que este parasitoide debería ser liberado a distancias entre 1 y 2 m².

b. Depredadores

Las chinches de la familia Miridae (Hemiptera) están señalados como las principales especies depredadoras en tomate, principalmente especies dentro de los géneros *Dicyphus*, *Macrolophus* y *Nesidiocoris*, las cuales además de su capacidad depredadora, bajo ciertas circunstancias, también puede llegar a causar daños económicos en el cultivos (Duarte et al., 2021). Estos depredadores han sido reportados como controladores naturales de una amplia variedad de presas, incluyendo pulgones, minadores de hojas, moscas blancas (*Bemisia tabaci* y *Trialeurodes vaporariorum*), psílidos, arañas rojas, trips y especies de lepidópteros (*Tuta absoluta*) y de los cuales, hasta la fecha sólo tres especies *Dicyphus hesperus* Knight, *Macrolophus pygmaeus*

Rambur y *Nesidiocoris tenuis* Reuter son producidos de manera comercial para programas de manejo de plagas aplicados y principalmente en cultivos de tomate (Pérez-Hedo et al., 2021)

Por otra parte, la chinche *Nabis pseudoferus* Remane (Hemiptera: Namidae) es un depredador generalista de pequeños artrópodos, incluidas las principales plagas de insectos de los cultivos de hortalizas. Godinho et al. (2020) encontraron que la tasa de oviposición del depredador estuvo fuertemente influenciada por el tipo de presa, siendo mayor cuando se alimentó de larvas de cuarto instar de *T. absoluta* en comparación con *Aphis gossypii*, además la tasa de depredación aumentó con el estado de desarrollo del depredador, variando desde 63 a 70 huevos, 62 y 37 larvas de primer instar y 1,70 a 1,56 larvas de cuarto instar consumidas por machos y hembras del depredador. De acuerdo con los autores, los resultados demuestran que *N. pseudoferus* puede ser considerada como un enemigo natural clave dentro de los programas de manejo de plagas en tomate.

c. Microorganismos:

Erol et al. (2021) evaluaron bioinsecticidas comerciales a base de *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* y *Verticillium lecanii* para el control de larvas de segundo instar del minador de la hoja del tomate, *T. absoluta*, registrándose la mayor tasa de mortalidad con *M. anisopliae* (87%) observada después de siete días de aplicado, resultando como una buena opción para el manejo de la plaga. En otra investigación, Allegrucci et al. (2017), evaluaron tres técnicas de inoculación endofítica de *B. bassiana*, aspersión de hojas, inmersión de semillas e inmersión de raíces de plantas de tomate sobre el consumo y mortalidad de *T. absoluta*. De acuerdo con los resultados, la aspersión foliar fue más efectiva, con el mayor porcentaje de colonización registrado 7 días después de la inoculación y en todos los casos causaron altas tasas de mortalidad (86%), ya sea por contacto directo o indirectamente, aunque el contacto directo mostró un mayor porcentaje de mortalidad y una mediana de supervivencia menor que el contacto indirecto.

Godinho et al. (2020) evaluaron la efectividad de doce aislamientos de hongos endofíticos de los cuales un aislado de *Trichoderma asperellum*, *Beauveria bassiana* e *Hypocrea lixii* mostraron mayor reducción del número de huevos, desarrollo de minas, formación de pupas y adultos y, por otro lado, la supervivencia de los adultos y la F1 fueron disminuidos por *Trichoderma* sp. y dos aislados de *B. bassiana* demostrando el alto potencial como bioplaguicida para el manejo de *T. absoluta*.

Akutse et al. (2020) determinaron la patogenicidad de 12 aislados de *Metarhizium anisopliae* sobre adultos de *T. absoluta* adulta y los efectos adicionales sobre la formación de pupas, la emergencia de adultos y la transmisión horizontal del inóculo. Se encontró que los aislados *M. anisopliae* ICIPE 18, ICIPE 20 e ICIPE 665 mostraron los resultados más promisorios al provocar mortalidad en adultos del 95,0; 87,5 y 86,25%, respectivamente y reducir tanto la pupación y emergencia de adultos. Además, su uso fue compatible con la feromona Tuta (TUA-Optima®) con un porcentaje de germinación de conidias $\geq 90\%$ 24 horas después de la exposición, sugiriendo que estos aislados podrían desarrollarse como bioplaguicidas eficaces en combinación con TUA-Optima® con efectos positivos tanto en la captura y la reducción de las poblaciones de *T. absoluta* en tomate.

En un estudio de laboratorio, Ayele et al. (2020) obtuvieron 25 aislados de *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) (Sorokin) de los cuales, 13 aislamientos fueron preseleccionados y evaluados en su eficiencia patogénica contra larvas de *T. absoluta* de segundo y tercer instar a una concentración de 10^7 esporas/ml. Todas las formulaciones de *Metarhizium* probadas fueron patógenas para la plaga, sin embargo, tres aislamientos (AAUM78, AAUM39 y AAUM76) fueron los más efectivos al causar entre 88 y 95,7% de mortalidad en larvas de *T. absoluta*.

La mayoría de las especies de Lepidoptera muestran diferentes niveles de susceptibilidad a las toxinas de *Bacillus thuringiensis* (Bt) Cry1Ab o Cry1Ac, que en muchos casos han demostrado ser eficaces contra varias otras plagas de lepidópteros, aunque algunas especies plaga han desarrollado resistencia a plantas transgénicas que expresan la toxina Cry1Fa. Un análisis adicional de la toxina mutante Cry1AbS587A

(mutante) reveló que, en comparación con Cry1Ab, mostraba un aumento significativo de la toxicidad para otras tres poblaciones de *S. frugiperda* en México y aún conservaba su toxicidad similar para *Manduca sexta*, por lo que, la toxina Cry1AbS587A podría ser un buen candidato para producir plantas transgénicas eficaces contra lepidópteros plaga (Godinho et al., 2020).

Adicionalmente, se han encontrado algunos nucleopoliedrovirus con eficiencia en el control de lepidópteros plaga. De esa manera, un nucleopoliedrovirus ha mostrado ser eficiente en el control de *Chrysodeixis chalcites* principalmente en larvas de sexto instar puesto que se encontraron hasta $1,80 \times 10^{11}$ cuerpos oclusivos/larva con un tiempo medio de mortalidad de 165-175 h (Bernal et al., 2018).

Especies biocontroladoras de moscas blancas y psílidos

Parasitoides

Eretmocerus mundus Mercet (Hymenoptera: Aphelinidae) es considerado uno de los agentes de biocontrol biológico más eficientes contra *B. tabaci*. En general, Kazak et al. (2020) observaron que la tasa de parasitismo de *E. mundus* fue incrementando con el tiempo, siendo de 31 a 38% durante el primer año de liberación, pero se incrementó hasta 59% durante el segundo año por lo que sugieren su inclusión en programas de control biológico de *B. tabaci* en plantas de tomate cultivadas en invernadero.

Kidane et al., (2018), al evaluar el potencial de parasitismo de dos especies de parasitoides *Encarsia sophia* (Girault y Dodd) y *Eretmocerus hayati* (Zolnerowich y Rose) (Hymenoptera: Aphelinidae) sobre *B. tabaci* y en ambos casos superaron 90 y 85%, respectivamente, durante la tercera semana después de la liberación. De acuerdo con los autores, la liberación conjunta de ambas especies de parasitoides mostró una tasa de parasitismo mayor que cuando los parasitoides eran liberados de manera individual. Las poblaciones de mosca blanca fueron reducidas significativamente en todas las parcelas donde se hicieron liberaciones.

Sin embargo, de acuerdo con Li et al. (2020), la eficiencia de parasitismo *Encarsia formosa* (Hymenoptera: Aphelinidae) sobre *B. tabaci* puede ser afectado por la presencia de virus en las plantas hospederas. Así, estos autores observaron que tanto el crecimiento poblacional como el potencial de parasitismo de *E. formosa* disminuyeron cuando atacaba moscas blancas que se alimentaban sobre plantas de tomate coinfectadas con TYLCV y ToCV o solo con ToCV, mientras que su eficacia se incrementó cuando la mosca blanca se alimentó de plantas de tomate infectadas solo con TYLCV, lo que sugiere que el ToCV podría tener un efecto negativo en la supervivencia y parasitación de *E. formosa*, por lo que este aspecto debería ser considerado al momento de incluir este parasitoide en programas de manejo de moscas blancas en tomate.

Depredadores

El potencial del chinche depredador, *Dicyphus hesperus* (Heteroptera: Miridae) como agente de control biológico de *B. tabaci* y el psílido de la papa, *Bactericera cockerelli* Sulzer en tomate fue investigado mediante dos experimentos. En el primer experimento se determinaron los parámetros biológicos del depredador alimentado con ninfas del psílido de la papa, mostrando una buena tasa intrínseca de incremento natural ($rm=0,069$), lo que demuestra su potencial como agente de biocontrol de esta plaga. En el segundo experimento se estudió la eficacia de *D. hesperus* para controlar ambas plagas, con el cual se comprobó que el depredador fue capaz de suprimir las poblaciones de ambas plagas, demostrando así que este es un agente de biocontrol adecuado para estas plagas en tomate, por lo que pudieran usarse bajo condiciones de invernaderos (Calvo et al., 2018).

Asimismo, en los EE. UU. Roda et al. (2020) realizaron estudios de campo en los que evaluaron la capacidad de depredación de tres especies de míridos: *Nesidiocoris tenuis* (introducido) y dos especies nativas: *Macrolophus praeclarus* y *Engytatus modestus*, alcanzando reducción significativa del número de moscas blancas en plantas de tomate ($\approx 90\%$). Adicionalmente, se demostró que el uso de prácticas de control biológico conservativo, como el uso de refugios, provocó un incremento en el número de

depredadores, probando que estas especies de míridos pueden constituir agentes de control disponible para el manejo de plagas presentes del tomate.

Microorganismos

En estudios para evaluar hongos entomopatógenos contra *B. tabaci* y *T. vaporariorum* se ha observado que *Beauveria bassiana* y *Lecanicillium lecanii* fueron más efectivos contra ambas especies de mosca blanca al causar mortalidad de 89,3 a 96% en *B. tabaci* y 79,3 a 95,6% en *T. vaporariorum*, respectivamente bajo condiciones de invernadero. Las ninfas de ambas especies de mosca blanca mostraron alta susceptibilidad a la infección por ambos hongos cuando fueron aplicados a dosis de $1,4 \times 10^{11}$ conidios/mL de *B. bassiana* (cepa GHA, lote TGAI 97-10-1) y $1,8 \times 10^{11}$ conidios/ml de *P. fumosoroseus* (cepa 612, lote 940917) (Singh y Kaur, 2020). Por otra parte, la patogenicidad de *Paecilomyces fumosoroseus* sobre *Bemisia argentifolii* provocó tasas de mortalidad mayor al 70% durante la primera semana después de la aplicación y tendió a incrementar la semana subsiguiente, lo que los micoinsecticidas basados en *L. lecanii*, *P. fumosoroseus* y *B. bassiana* muestran características promisorias para el control de la mosca blanca tanto en cultivos de invernadero como de campo (Singh y Kaur, 2020).

Cotes et al. (2018) también evaluaron el efecto de dos bioplaguicidas; uno a base *Trichoderma koningiopsis* (TRICOTEC®) para el control del marchitamiento por *Fusarium* y de *Lecanicillium lecanii* (LECABIOL®) para el control de la mosca blanca. Con la aplicación de TRICOTEC® se logró la reducción de la incidencia de marchitez en plantas de tomate entre 38 y 96% y la incidencia de *Fusarium* del 42-58%, mientras que LECABIOL® mostró alta eficiencia contra *Bemisia tabaci* y *Trialeurodes vaporariorum* (60-70%), lo que implicó mayor rendimiento del cultivo, por lo que ambos bioplaguicidas han sido incorporados en la producción comercial de tomate.

En consideración de que la eficacia y comportamiento de los Míridos depredadores pueden ser afectados por microorganismos inductores de las defensas de las plantas,

Eschweiler et al. (2019) estudiaron la posible interacción entre una cepa endofítica no patógena restringida en raíces de *Fusarium oxysporum* (Fo162) en plantas de tomate, *Trialeurodes vaporariorum* y la actividad depredadora de *Macrolophus pygmaeus*, resultando en menores densidades de la mosca cuando se usaron el depredador y el hongo endófito de manera conjunta, por lo que se presume que la inoculación endófito de plantas de tomate parece cambiar la preferencia de alimentación de este depredador omnívoro del consumo de plantas a un consumo relativamente mayor de presas, lo que resulta en una mayor supresión del herbívoro. Esto sugiere un efecto positivo del hongo endófito dentro de un programa de control biológico preventivo en tomate utilizando *M. pygmaeus*.

Especies biocontroladoras de ácaros

Tiftikçi et al. (2020) al evaluar la efectividad y el tiempo de liberación del ácaro fitoseído *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot (Acari: Phytoseiidae) liberado en proporciones de 1:10, 1:20 y 1:40 depredador: presa para controlar de la araña roja de dos manchas (*Tetranychus urticae* Koch) en cultivos de tomate en Turquía. Cuando se liberó *P. persimilis* en proporciones de 1:10 y 1:20, las poblaciones de *T. urticae* mostraron un descenso de más del 50% después de 8 semanas. Estos resultados indican que *P. persimilis* puede ser usado para el control de ácaros en tomate y que su efectividad se incrementaría si se usa en cultivos asociados.

Aunque el control biológico aumentativo del ácaro de dos manchas se ha convertido en una táctica de manejo frecuente en invernaderos, su uso en condiciones de campo aún está poco generalizado. En tal sentido, Bilbo y Walgenbach (2020) llevaron a cabo ensayos de campo con el fin de determinar la capacidad de depredación de *P. persimilis* y además su compatibilidad con el uso de bifenazate. Durante el estudio se demostró que la combinación de *P. persimilis* + bifenazate lograron reducir las poblaciones del ácaro de dos manchas con mayor eficacia y tal como se esperaba, *P. persimilis* logró mantenerse a pesar de las aplicaciones del acaricida, siendo este el primer estudio en demostrar la utilidad de *P. persimilis* como una opción para que los productores manejen a *T. urticae* en campos de tomate.

Aun cuando el control biológico de tetránquidos se ha basado principalmente en el uso de ácaros fitoseídos, en Siria, Dayoub et al. (2020) identificaron varias especies de insectos como potenciales depredadores del ácaro rojo del tomate, *Tetranychus evansi*, que constituye una plaga invasiva en tomate a nivel mundial. Durante un muestreo hecho en 2019, se encontraron a *Stethorus gilvifrons* (Mulsant) (Coleoptera: Coccinellidae) y *Feltiella acarisuga* (Vallot) (Diptera: Cecidomyiidae) depredando a *T. evansi* en plantas de tomate, lo cual abre una ventana para futuras investigaciones que propendan a la determinación de la efectividad de control de estas especies depredadoras.

Tácticas de control biológico de agentes fitopatógenos

Debido al menor impacto ambiental, el uso de formulaciones a base de microorganismos ha representado en los últimos años una estrategia importante como sustituto o complemento a los fungicidas convencionales y ya existen varios productos de biocontrol que incluyen hongos antagonistas, tales como *Trichoderma* spp. y *Gliocladium* spp. o bacterias como *Pseudomonas* spp. y *Bacillus* spp., sin embargo, no todos están registrados y comercializados como agentes de biocontrol (Lamichhane et al., 2017). Estos microorganismos benéficos pueden actuar contra los fitopatógenos mediante mecanismos de antibiosis, parasitismo, competencia, producción de enzimas de lisis y Resistencia Sistémica Inducida (RSI) (Lamichhane et al., 2017).

Trichoderma harzianum es una de las especies de hongos más utilizadas en el control biológico de hongos fitopatógenos. Mazrou et al. (2020) identificaron 12 aislados de *Trichoderma* obtenidos a partir de la rizosfera de plantas de tomate sanas en Arabia Saudita y evaluaron su actividad antagonista contra *Rhizoctonia solani*, *Pythium ultimum* y *Alternaria solani* y observaron que la mayor parte de los aislados de *Trichoderma* mostraron una fuerte actividad antagonista, sugiriendo la posibilidad de utilizar *T. harzianum* en programas de MIP como agente biológico eficaz contra varios hongos patógenos.

Fusarium oxysporum es conocido por su capacidad para causar marchitez, pudrición de raíces en varios cultivos de importancia agronómica, sin embargo, también puede actuar como endófito de la raíz y así puede reducir las enfermedades causadas por patógenos vasculares como *Verticillium dahliae* y otras cepas de cepas patógenas de *F. oxysporum* y *Pythium ultimum*, pero normalmente no produce tal efecto contra patógenos que atacan los tejidos de la superficie como *Botrytis cinerea* o *Phytophthora capsici*. De acuerdo con (de Lamo y Takken, 2020), las razas endófitas de *F. oxysporum* (Fo47 y CS-20) se diferencian de los razas patogénicas en el contenido de genes efectores, mecanismo de colonización de la planta hospedera, ubicación en la planta y respuestas inducidas en esta, que provocan la muerte celular localizada en la corteza de la raíz e inducen transitoriamente la señalización inmunitaria, por lo que su uso combinado reduce la enfermedad en plantas de tomate.

Raio et al. (2020) obtuvieron tres mutantes morfológicos (M71a, M71b, M71c) del antagonista *Pseudomonas chlororaphis* M71 y observaron que la actividad antagonista de M71a fue baja contra diferentes fitopatógenos, mientras que M71b resultó efectivo solo contra *Pythium ultimum* y además los compuestos orgánicos volátiles emitidos por las cepas, compuestos principalmente de metanotiol, inhibieron el crecimiento de *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* y *Seiridium cardinale*. Los autores señalaron que sus resultados destacan que la presencia de varios fenotipos de *P. chlororaphis* puede mejorar, a través de la integración de diferentes mecanismos, la eficacia del biocontrol.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES.

Se registró un total de 20 especies de insectos y cuatro especies de ácaros que causan daño en cultivos de tomate a nivel mundial, de las cuales nueve correspondieron a especies del Orden Lepidoptera, seguido de cuatro especies de Diptera y ácaros, mientras que las especies de Hemiptera y Thysanoptera representaron un menor porcentaje. De estas, en Ecuador han sido reportadas: *Keiferia lycopersicella*, *Tuta absoluta*, *Manduca sexta*, *Trialeurodes vaporariorum*, *Bemisia tabaci*, *Bactericera cockerelli*, *Frankliniella occidentalis*, *Liriomyza trifolii*, *Liriomyza huidobrensis*, *Liriomyza sativae* y *Tetranychus urticae*.

Con relación a las especies fitopatógenas asociadas con el tomate, destacan especies de hongos y oomicetos (*Pythium* spp., *Phoma betae*, *Fusarium oxysporum*, *Rhizoctonia solani* y *Sclerotium rolfsii*, además de bacterias como *Ralstonia solanacearum*, que pueden provocar grandes pérdidas al agricultor. Todas las especies fitopatógenas han sido reportadas en el país.

Del análisis hecho sobre las tácticas de control biológico aplicados a las plagas presentes en tomate, se observó que el control biológico es principalmente usado para el control de los insectos plaga (50%), seguido de los hongos fitopatógenos (44%) y en una menor proporción para el control de nematodos fitoparasíticos, mientras que con relación a los organismos usados como agentes de biocontrol se demostró que los insectos representan el grupo más usado en programas de control biológico, ya sea como depredador o parasitoide, seguido de los hongos entomopatógenos y bacterias. El porcentaje de eficacia varía de acuerdo con el tipo de agente de biocontrol, especie controlada, condiciones climáticas, etc., por lo que todos estos factores deben ser considerados al momento de diseñar programas de control biológico.

5.2 RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar estudios de investigación básica donde se levante información de cuáles especies de agentes de biocontrol se encuentran presentes en Ecuador.

Se sugiere conducir investigaciones aplicadas que permitan evaluar aspectos tales como bioecología de las especies biocontroladoras, rango de presa/hospederos, así como el potencial de control sobre las especies clave asociadas con el cultivo en Ecuador.

Se sugiere realizar estudios similares en otros cultivos de importancia económica en la región y en el país de manera de promover el uso de programas de control biológico de modo de promover el uso de una agricultura sostenible, comprometida con el ambiente.

CAPÍTULO VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Afreen, S; Rahman, M M; Islam, MMU; Hasan, M; Islam, AKMS. 2017. Management of insect pests in tomato (*Solanum lycopersicum* L.) under different planting dates and mechanical support. *Journal of Science Technology and Environment Informatics*, 5(1): 336–346. <https://doi.org/10.18801/jstei.050117.36>
- Akutse, KS; Subramanian, S; Khamis, FM; Ekesi, S; Mohamed, SA. 2020. Entomopathogenic fungus isolates for adult *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) management and their compatibility with *Tuta* pheromone. *Journal of Applied Entomology*, 144(9): 777–787. <https://doi.org/10.1111/jen.12812>
- Allegrucci, N.; Velazquez, MS; Russo, ML; Perez, E; Scorsetti, AC. 2017. Endophytic colonisation of tomato by the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana*: The use of different inoculation techniques and their effects on the tomato leafminer *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). *Journal of Plant Protection Research*, 57(4): 331–337. <https://doi.org/10.1515/jppr-2017-0045>
- Arias, FG. 2012. *El proyecto de Investigación: introducción a la metodología científica*. Caracas, Venezuela, Editorial Episteme. 146 p.
- Ayele, BA; Muleta, D; Venegas, J; Assefa, F. 2020. Morphological, molecular, and pathogenicity characteristics of the native isolates of *Metarhizium anisopliae* against the tomato leafminer, *Tuta absoluta* (Meyrick 1917) (Lepidoptera: Gelechiidae) in Ethiopia. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 30(1): <https://doi.org/10.1186/s41938-020-00261-w>
- Ballal, CR; Gupta, A; Mohan, M; Lalitha, Y; Verghese, A. 2016. The new invasive pest *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) in India and its natural enemies along with evaluation of trichogrammatids for its biological control. *Current Science*, 110(11): 2155–2159. <https://doi.org/10.18520/cs/v110/i11/2155-2159>
- Barboza, NM; Esker, P; Inoue-Nagata, AK; Moriones, E. 2019. Genetic diversity and geographic distribution of *Bemisia tabaci* and *Trialeurodes vaporariorum* in

- Costa Rica. *Annals of Applied Biology*, 174(2): 248–261.
<https://doi.org/10.1111/aab.12490>
- Barranco Vega, P. 2003. Dípteros de interés agronómico. Agromicidas plaga de cultivos hortícolas intensivos. *ARACNET 11 - Bol. S.E.A.*, 33, 293–307.
- Bernal, A; Simón, O; Williams, T; Muñoz, D; Caballero, P. 2018. Remarkably efficient production of a highly insecticidal *Chrysodeixis chalcites* nucleopolyhedrovirus (ChchNPV) isolate in its homologous host. *Pest Management Science*, 74(7): 1586–1592. <https://doi.org/10.1002/ps.4846>
- Bilbo, TR; Walgenbach, JF. 2020. Compatibility of Bifenazate and *Phytoseiulus persimilis* for Management of Twospotted Spider Mites in North Carolina Staked Tomatoes. *Journal of Economic Entomology*, 113(5): 2096–2103.
<https://doi.org/10.1093/jee/toaa159>
- Brust, GE; Gotoh, T. 2018. Mites: Biology, Ecology, and Management. *In Sustainable Management of Arthropod Pests of Tomato*. Londres, Reino Unido, Elsevier Inc. p. 111-130. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802441-6.00005-X>
- CABI. 2019. *Tetranychus urticae* (two-spotted spider mite). *Invasive Species Compendium*. Consultado 10 de enero 2021. Disponible en: <https://www.cabi.org/isc/datasheet/53366>
- Calvo, FJ; Torres, A; González, EJ; Velázquez, MB. 2018. The potential of *Dicyphus hesperus* as a biological control agent of potato psyllid and sweetpotato whitefly in tomato. *Bulletin of Entomological Research*, 108(6): 765–772.
<https://doi.org/10.1017/S0007485318000020>
- Can-Vargas, X; Barboza, N; Fuchs, EJ; Hernández, EJ. 2020. Spatial Distribution of Whitefly Species (Hemiptera: Aleyrodidae) and Identification of Secondary Bacterial Endosymbionts in Tomato Fields in Costa Rica. *Journal of Economic Entomology*, 113(6): 2900–2910. <https://doi.org/10.1093/jee/toaa215>
- Castresana, J; Rosenbaum, J; Gagliano, E. 2019. Transición del manejo de plagas

convencional hacia el agroecológico mediante la transferencia de técnicas de control integrado de plagas en tomate bajo cubierta en Concordia - Provincia de Entre Ríos, Argentina. *Idesia*, 37(3): 17–27. <https://doi.org/10.4067/s0718-34292019000300017>

Chamaani, N; Poorjavand, N. 2020. Low efficiency of four indigenous trichogramma wasp populations, collected from tomato crops, in controlling the invasive pest *tuta absoluta* in Iran. *Bulletin of Insectology*, 73(2): 171–180.

Cotes, AM; Moreno-Velandia, CA; Espinel, C; Villamizar, L; Gómez, M. 2018. Biological control of tomato Fusarium wilt and whiteflies with two fungal biopesticides. *Acta Horticulturae*, 1207: 129–137. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2018.1207.17>

Dávila, EL; Hurtado, AC; León, G; Unday, ZG; Henderson, D. 2017. Efecto agronómico del biosólido en el cultivo de (*Solanum lycopersicum*): Control biológico de *Rhizoctonia solani*. *Cultivos Tropicales*, 38(1): 13–23. <https://doi.org/10.1234/ct.v38i1.1330>

Dayoub, AM; Dib, H; Boubou, A. 2020. First record of two insects preying on the red tomato spider mite *Tetranychus evansi* (Acari: Tetranychidae) in Latakia Governorate, Syria. *Acarologia*, 60(4): 872–877. <https://doi.org/10.24349/acarologia/20204406>

de Lamo, FJ; Takken, FLW. 2020. Biocontrol by *Fusarium oxysporum* Using Endophyte-Mediated Resistance. *Frontiers in Plant Science*, 11: 1–15. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00037>

Debbi, A; Bouregghda, H; Monte, E; Hermosa, R. 2018. Distribution and genetic variability of *Fusarium oxysporum* associated with tomato diseases in Algeria and a biocontrol strategy with indigenous *Trichoderma* spp. *Frontiers in Microbiology*, 9: 1–11. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.00282>

Duarte, GA; Caldas, F; Pechirra, A; da Silva, EB; Figueiredo, E. 2021. Intraguild

- predation and cannibalism among Dicyphini: *Dicyphus cerastii* vs. two commercialized species. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 169(1): 90–96. <https://doi.org/10.1111/eea.12943>
- Erol, AB; Erdoğan, O; Karaca, İ. 2021. Effects of some bioinsecticides on the tomato leaf miner, *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 31(1): 4–7. <https://doi.org/10.1186/s41938-020-00346-6>
- Eschweiler, J; van Holstein-Saj, R; Marjolein Kruidhof, H; Schouten, A; Messelink, GJ. 2019. Tomato inoculation with a non-pathogenic strain of *Fusarium oxysporum* enhances pest control by changing the feeding preference of an omnivorous predator. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 7: 1–9. <https://doi.org/10.3389/fevo.2019.00213>
- FAO. 2020. *Datos de cultivos*. FAOSTAT. Consultado el 12 de nov de 2020. <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>
- Fuentes, A; Yoon, S; Kim, SC; Park, DS. 2017. A robust deep-learning-based detector for real-time tomato plant diseases and pests recognition. *Sensors*, 17(9): 1-21. <https://doi.org/10.3390/s17092022>
- Garvey, MA; Creighton, JC; Kaplan, I. 2020. Tritrophic interactions reinforce a negative preference–performance relationship in the tobacco hornworm (*Manduca sexta*). *Ecological Entomology*, 45(4): 783–794. <https://doi.org/10.1111/een.12852>
- Garzón-Tiznado, JA; Melgoza-Villagómez, CM; López-Orona, CA; Castro-Espinoza, L; Velarde-Félix, S; Figueroa-Pérez, MG; Retes-Manjarrez, JE. 2020. Resistance to Candidatus *Liberibacter solanacearum* haplotype B in tomato landraces from Mexico. *Journal of Phytopathology*, 168(11–12): 632–640. <https://doi.org/10.1111/jph.12943>
- Ghazy, NA; Gotoh, T; Suzuki, T. 2019. Impact of global warming scenarios on life-

- history traits of *Tetranychus evansi* (Acari: Tetranychidae). *BMC Ecology*, 19(1): 1–12. <https://doi.org/10.1186/s12898-019-0264-6>
- Giorgini, M; Guerrieri, E; Cascone, P; Gontijo, L. 2019. Current Strategies and Future Outlook for Managing the Neotropical Tomato Pest *Tuta absoluta* (Meyrick) in the Mediterranean Basin. *Neotropical Entomology*, 48(1). <https://doi.org/10.1007/s13744-018-0636-1>
- Godinho, DP; Janssen, A; Li, D; Cruz, C; Magalhães, S. 2020. The distribution of herbivores between leaves matches their performance only in the absence of competitors. *Ecology and Evolution*, 10(15): 8405–8415. <https://doi.org/10.1002/ece3.6547>
- Gonçalves, DC; Tebaldi de Queiroz, V; Costa, AV; Lima, WP; Belan, LL; Moraes, WB; Pontes Póvoa Iorio, NL; Corrêa Póvoa, HC. 2021. Reduction of Fusarium wilt symptoms in tomato seedlings following seed treatment with *Origanum vulgare* L. essential oil and carvacrol. *Crop Protection*, 141: 105487. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2020.105487>
- Hernández-Sampieri, R; Fernández-Collado, C; Baptista-Lucio, P. 2014. Metodología de la Investigación. Sexta edición. Ciudad de México, México, Mcgraw-Hill Interamericana Editores. 634 p.
- Jacobsen, SK; Moraes, GJ; Sørensen, H; Sigsgaard, L. 2019. Organic cropping practice decreases pest abundance and positively influences predator-prey interactions. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 272: 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2018.11.004>
- Johnson, MW; Caprio, LC; Coughlin, JA; Tabashnik, BE; Rosenheim, JA; Welter, SC. 1992. Effect of *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidae) on Yield of Fresh Market Tomatoes. *Journal of Economic Entomology*, 85(6): 2370–2376. <https://doi.org/10.1093/jee/85.6.2370>
- Kabdwal, BC; Sharma, R; Tewari, R; Tewari, AK; Singh, RP; Dandona, JK. 2019.

- Field efficacy of different combinations of *Trichoderma harzianum*, *Pseudomonas fluorescens*, and arbuscular mycorrhiza fungus against the major diseases of tomato in Uttarakhand (India). *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 29(1): 1–10. <https://doi.org/10.1186/s41938-018-0103-7>
- Kandel, R; Lu, H; Sandoya, GV. 2021. Identification and mapping of quantitative trait loci for resistance to *Liriomyza trifolii* in romaine lettuce cultivar ‘Valmaine.’ *Scientific Reports*, 11(1): 1–9. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-80050-5>
- Kazak, C; Döker, İ; Karaca, MM; Karut, K. 2020. Effect of cold storage on performance of *Eretmocerus mundus*, larval parasitoid of *Bemisia tabaci* in a conventional tomato growing greenhouse. *Crop Protection*, 137: 105293. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2020.105293>
- Kidane, D; Yang, NW; Wan, FH. 2018. Evaluation of a banker plant system for biological control of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) on tomato, using two aphelinid parasitoids under field-cage conditions. *Biocontrol Science and Technology*, 28(11): 1054–1073. <https://doi.org/10.1080/09583157.2018.1510899>
- Kunova, A; Cortesi, P; Saracchi, M; Migdal, G; Pasquali, M. 2021. Draft genome sequences of two *Streptomyces albidoflavus* strains DEF1AK and DEF147AK with plant growth-promoting and biocontrol potential. *Annals of Microbiology*, 71: 1-8. <https://doi.org/10.1186/s13213-020-01616-2>
- Lahiri, S; Orr, D. 2018. Biological Control in Tomato Production Systems: Theory and Practice. *In Sustainable Management of Arthropod Pests of Tomato*. Londres, Reino Unido, Elsevier Inc. p. 253-267. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802441-6.00011-5>
- Lamichhane, JR; Dürr, C; Schwanck, AA; Robin, MH; Sarthou, JP; Cellier, V; Messéan, A; Aubertot, JN. 2017. Integrated management of damping-off diseases. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 37(2): 1-25. <https://doi.org/10.1007/s13593-017-0417-y>

- Leppla, NC; Johnson, MW; Merritt, JL; Zalom, FG. 2018. Applications and trends in commercial biological control for arthropod pests of tomato. *In* Sustainable Management of Arthropod Pests of Tomato. Londres, Reino Unido, Elsevier Inc. p. 283-303. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802441-6.00013-9>
- Li, J; Ding, T; Chu, D. 2020. Differential effects of two plant viruses on performance and biocontrol efficiency of *Encarsia formosa* fed on *Bemisia tabaci*. *Biological Control*, 142: 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2019.104166>
- Li, YY; Liu, MX; Yuan, JG; Okonkwo, TT; Chen, HQ; Liu, H. 2021. Evaluation of a philic egg-consumption predatory thrips *Scolothrips takahashii* for control of the citrus red mite *Panonychus citri*. *Crop Protection*, 140: 105421. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2020.105421>
- Manohar, TN; Sharma, PL; Verma, SC; Sharma, KC; Chandel, RS. 2020. Functional response of indigenous *Trichogramma* spp. to invasive tomato leafminer, *Tuta absoluta* (Meyrick) under laboratory conditions. *International Journal of Tropical Insect Science*, 40(1): 101–107. <https://doi.org/10.1007/s42690-019-00057-y>
- Mantzoukas, S; Eliopoulos, PA. 2020. Endophytic entomopathogenic fungi: A valuable biological control tool against plant pests. *Applied Sciences*, 10(1): 1-13. <https://doi.org/10.3390/app10010360>
- Mazrou, YSA; Makhlof, AH; Elseehy, MM; Awad, MF; Hassan, MM. 2020. Antagonistic activity and molecular characterization of biological control agent *Trichoderma harzianum* from Saudi Arabia. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 30(4): 1-8. <https://doi.org/10.1186/s41938-020-0207-8>
- Mwamburi, LA. 2021. Endophytic fungi, *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae*, confer control of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae), in two tomato varieties. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 31(7): 1-6. <https://doi.org/10.1186/s41938-020-00357-3>
- Nicola, S; Tibaldi, G; Fontana, E. 2009. Tomato production systems and their

- application to the tropics. *Acta Horticulturae*, 821: 27–33.
<https://doi.org/10.17660/actahortic.2009.821.1>
- Noonari, S; Memon, MIN; Solangi, SU; Memon, A; Wagan, SA; Sethar, AA; Panhwar, GM; Kalwar, GY; Korejo, AS; Jamro, AS. 2015. Economic implications of tomato production in Naushahro feroze district of Sindh Pakistan. *International Journal of Agricultural Extension and Rural Development Studies*, 2(2): 19–28.
- Nugroho, C; Mirnia, E; Cumagun, CJR. 2019. Antifungal Activities of Sweet Basil (*Ocimum basilicum* L.) Aqueous Extract Against. *Agrivita*, 41(1): 149–157.
- Pérez-Hedo, M; Riahi, C; Urbaneja, A. 2021. Use of zoophytophagous mirid bugs in horticultural crops: Current challenges and future perspectives. *Pest Management Science*, 77(1): 33–42. <https://doi.org/10.1002/ps.6043>
- Perring, TM; Stansly, PA; Liu, TX; Smith, HA; Andreason, SA. 2018. Whiteflies: Biology, Ecology, and Management. *In Sustainable Management of Arthropod Pests of Tomato*. Londres, Reino Unido, Elsevier Inc. p. 73-110.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802441-6.00004-8>
- Peshin, R; Jayaratne, KSU; Sharma, R. 2014. IPM Extension: A Global Overview. In: *Integrated Pest Management: current concepts and ecological perspective*. Abrol, DP (ed.). Academic Press, Londres. pp. 493-529.
- Pino, M; Gallego, JM; Hernández Suárez, E; Cabello, T. 2020. Effect of Temperature on Life History and Parasitization Behavior of *Trichogramma achaeae* Nagaraja and Nagarkatti (Hym.: Trichogrammatidae). *Insects*, 11, 1-18.
[doi:10.3390/insects11080482](https://doi.org/10.3390/insects11080482)
- Pospieszny, H; Borodynko-Filas, N; Hasiów-Jaroszewska, B; Rymelska, N; Elena, S. F. 2019. Transmission rate of two Polish Tomato torrado virus isolates through tomato seeds. *Journal of General Plant Pathology*, 85(2): 109–115.
<https://doi.org/10.1007/s10327-018-0826-z>
- Prager, SM; Trumble, JT. 2018. Psyllids: Biology, Ecology, and Management. *In W*

- Wakil, GE Brust; TM. Perring (Eds.), Sustainable Management of Arthropod Pests of Tomato. Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802441-6.00007-3>
- Raio, A; Brillì, F; Baraldi, R; Neri, L; Puopolo, G. 2020. Impact of spontaneous mutations on physiological traits and biocontrol activity of *Pseudomonas chlororaphis* M71. *Microbiological Research*, 239: 126517. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2020.126517>
- Renna, M; Durante, M; Gonnella, M; Buttaro, D; D'Imperio, M; Mita, G; Serio, F. 2018. Quality and nutritional evaluation of regina tomato, a traditional long-storage landrace of puglia (Southern Italy). *Agriculture*, 8(6): 1-15. <https://doi.org/10.3390/agriculture8060083>
- Roda, A; Castillo, J; Allen, C; Urbaneja, A; Pérez-Hedo, M; Weihman, S; Stansly, PA. 2020. Biological control potential and drawbacks of three zoophytophagous mirid predators against *bemisia tabaci* in the United States. *Insects*, 11(10): 1–17. <https://doi.org/10.3390/insects11100670>
- Schäfer, L; Herz, A. 2020. Suitability of european trichogramma species as biocontrol agents against the tomato leaf miner *tuta absoluta*. *Insects*, 11(6): 1–18. <https://doi.org/10.3390/insects11060357>
- Shijie, J; Peiyi, J; Siping, H; Haibo, S. 2017. Automatic detection of tomato diseases and pests based on leaf images. *Proceedings - 2017 Chinese Automation Congress, CAC 2017, 2017-Enero*, 3507–3510. <https://doi.org/10.1109/CAC.2017.8243388>
- Silva, J. 2015. Evaluación de cuatro programas de fertilización foliar complementaria en la producción de tomate riñon (*Solanum lycopersicum*) L. var. Sheila bajo invernadero. Tesis de grado. Quito, Ecuador. Universidad Central del Ecuador. 93 p.
- Simmons, AM; Wakil, W; Qayyum, MA; Ramasamy, S; Kuhar, TP; Philips, CR. 2018.

- Lepidopterous Pests: Biology, Ecology, and Management. *In* Sustainable Management of Arthropod Pests of Tomato. Londres, Reino Unido, Elsevier Inc. p. 131-162. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802441-6.00006-1>
- Singh, H; Kaur, T. 2020. Pathogenicity of entomopathogenic fungi against the aphid and the whitefly species on crops grown under greenhouse conditions in India. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 30(1): 1-9. <https://doi.org/10.1186/s41938-020-00287-0>
- Sutton, JC; Sopher, CR; Owen-Going, TN; Liu, W; Grodzinski, B; Hall, JC; Benchimol, RL. 2006. Etiology and epidemiology of Pythium root rot in hydroponic crops: current knowledge and perspectives. *Summa Phytopathologica*, 32(4): 307–321. <https://doi.org/10.1590/s0100-54052006000400001>
- Taheri, P; Tarighi, S. 2012. The Role of Pathogenesis-Related Proteins in the Tomato-Rhizoctonia solani Interaction. *Journal of Botany* 1–6. <https://doi.org/10.1155/2012/137037>
- Tang, XT; Longnecker, M; Tamborindegy, C. 2020. Acquisition and transmission of two ‘Candidatus Liberibacter solanacearum’ haplotypes by the tomato psyllid *Bactericera cockerelli*. *Scientific Reports* 10(1): 1–8. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-70795-4>
- Tiftikçi, P; Kök, Ş; Kasap, İ. 2020. Biological control of twospotted spider mites [*Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae)] using *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot (Acari: Phytoseidae) at different ratios of release on field-grown tomatos. *Biological Control* 151: 10–15. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2020.104404>
- Tonessia, CD; Soumahin, EF; Boye, MAD; Niangoran YAT; Djabla, JM; Zoh, OD; Kouadio, YJ. 2018. Diseases And Pests Associated to Tomato Cultivation in The Locality of Daloa (Côte d’Ivoire). *Journal of Advances in Agriculture* 9: 1546–1557.

- van Lenteren, JC; Bueno, VHP; Luna, MG; Colmenarez, YC. 2020. Biological Control in Latin America and the Caribbean: Information Sources, Organizations, Types and Approaches in Biological Control. *In* Biological Control in Latin America and the Caribbean: Its Rich History and Bright Future Wallindor, Reino Unido, CABI. p. 1–20.
- Vinchira-Villarraga, DM; Castellanos, L; Moreno-Sarmiento, N; Suarez-Moreno, ZR; Ramos, FA. 2021. Antifungal activity of marine-derived *Paenibacillus* sp. PNM200 against *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*, the causal agent of tomato vascular wilt. *Biological Control*, 154: 104501. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2020.104501>
- Walgenbach, JF. 2018. Integrated pest management strategies for field-grown tomatoes. *In* Sustainable Management of Arthropod Pests of Tomato. Londres, Reino Unido, Elsevier Inc. p. 323-339. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802441-6.00016-4>
- Wang, K; Shipp, JL. 2004. Effect of release point density of *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera:Trichogrammatidae) on control efficacy of *Keiferia lycopersicella* (Walsingham) (Lepidoptera:Gelechiidae) in greenhouse tomato. *Biological Control* 30(2): 323–329. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2004.01.016>
- Yazici, A; Tiryaki, GY; Ayvaz, H. 2020. Determination of pesticide residual levels in strawberry (*Fragaria*) by near-infrared spectroscopy. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 100(5): 1980–1989. <https://doi.org/10.1002/jsfa.10211>
- Zhou, L; Song, C; Li, Z; Kuipers, OP. 2021. Antimicrobial activity screening of rhizosphere soil bacteria from tomato and genome-based analysis of their antimicrobial biosynthetic potential. *BMC Genomics* 22(1): 1–14. <https://doi.org/10.1186/s12864-020-07346-8>

ANEXOS

Anexo 1: Valores promedios de producción, rendimiento y área cosechada de tomate por continente, según FAO (2020)

	2018	2019	Total general
Área cosechada	1641647	1676848,333	1659247,667
África	1497239	1612512	1554875,5
Américas	420514	385323	402918,5
Asia	2570464	2603840	2587152
Europa	431130	423598	427364
Mundo	4924941	5030545	4977743
Oceanía	5594	5272	5433
Producción	59965976	60255443	60110709,5
África	20945245	21664774	21305009,5
Américas	26245395	23786872	25016133,5
Asia	109298258	112104020	110701139
Europa	22964299	22803866	22884082,5
Mundo	179897928	180766329	180332128,5
Oceanía	444731	406797	425764
Rendimiento	480362,3333	475250,3333	477806,3333
África	139892	134354	137123
Américas	624127	617323	620725
Asia	425208	430533	427870,5
Europa	532654	538337	535495,5
Mundo	365279	359337	362308
Oceanía	795014	771618	783316
Total general	20695995,11	20802513,89	20749254,5

Anexo 2: Valores promedios de producción de tomate en el continente americano, según FAO (2020)

Área	Elemento	Año	Unidad	Valor
Estados Unidos	Producción	2019	toneladas	10858990
México	Producción	2019	toneladas	4271914
Brasil	Producción	2019	toneladas	3917967
Chile	Producción	2019	toneladas	1050626
Argentina	Producción	2019	toneladas	658106
Colombia	Producción	2019	toneladas	556692
Canadá	Producción	2019	toneladas	490286
Cuba	Producción	2019	toneladas	480300
Guatemala	Producción	2019	toneladas	332101
República Dominicana	Producción	2019	toneladas	261604
Perú	Producción	2019	toneladas	202242
Venezuela	Producción	2019	toneladas	182654
Nicaragua	Producción	2019	toneladas	82636
Bolivia	Producción	2019	toneladas	70319
Costa Rica	Producción	2019	toneladas	60034
Paraguay	Producción	2019	toneladas	52984
Honduras	Producción	2019	toneladas	51099
Guyana	Producción	2019	toneladas	35560
Uruguay	Producción	2019	toneladas	31921
Ecuador	Producción	2019	toneladas	31591
Jamaica	Producción	2019	toneladas	28270
El Salvador	Producción	2019	toneladas	19454
Puerto Rico	Producción	2019	toneladas	18844
Panamá	Producción	2019	toneladas	18372
Bahamas	Producción	2019	toneladas	6572

Granada	Producción	2019	toneladas	6444
Haití	Producción	2019	toneladas	2460
Trinidad y Tobago	Producción	2019	toneladas	1960
Suriname	Producción	2019	toneladas	1186
Belice	Producción	2019	toneladas	1113
Barbados	Producción	2019	toneladas	767
Antigua y Barbuda	Producción	2019	toneladas	525
Dominica	Producción	2019	toneladas	494
Santa Lucía	Producción	2019	toneladas	275
Saint Kitts y Nevis	Producción	2019	toneladas	112

Anexo 3: Valores de rendimiento de tomate en el continente americano, según FAO (2020)

Área	Elemento	Año	Unidad	Valor
Antigua y Barbuda	Rendimiento	2019	hg/ha	980407
Antigua y Barbuda	Rendimiento	2019	hg/ha	844656
Argentina	Rendimiento	2019	hg/ha	830149
Argentina	Rendimiento	2019	hg/ha	826969
Bahamas	Rendimiento	2019	hg/ha	718405
Bahamas	Rendimiento	2019	hg/ha	691110
Barbados	Rendimiento	2019	hg/ha	684056
Barbados	Rendimiento	2019	hg/ha	656631
Belice	Rendimiento	2019	hg/ha	578037
Belice	Rendimiento	2019	hg/ha	571478
Bolivia	Rendimiento	2019	hg/ha	529400
Bolivia	Rendimiento	2019	hg/ha	485903
Brasil	Rendimiento	2019	hg/ha	468458
Brasil	Rendimiento	2019	hg/ha	416050
Canadá	Rendimiento	2019	hg/ha	392462
Canadá	Rendimiento	2019	hg/ha	391078
Chile	Rendimiento	2019	hg/ha	389588
Chile	Rendimiento	2019	hg/ha	379907
Colombia	Rendimiento	2019	hg/ha	305556
Colombia	Rendimiento	2019	hg/ha	304444
Costa Rica	Rendimiento	2019	hg/ha	300196
Costa Rica	Rendimiento	2019	hg/ha	225489
Cuba	Rendimiento	2019	hg/ha	208819
Cuba	Rendimiento	2019	hg/ha	192182
Dominica	Rendimiento	2019	hg/ha	187073

Dominica	Rendimiento	2019	hg/ha	179516
Ecuador	Rendimiento	2019	hg/ha	152795
Ecuador	Rendimiento	2019	hg/ha	149742
El Salvador	Rendimiento	2019	hg/ha	124444
El Salvador	Rendimiento	2019	hg/ha	123500
Estados Unidos	Rendimiento	2019	hg/ha	120039
Estados Unidos	Rendimiento	2019	hg/ha	117426
Granada	Rendimiento	2019	hg/ha	100962
Granada	Rendimiento	2019	hg/ha	80992
Guatemala	Rendimiento	2019	hg/ha	74583
Guatemala	Rendimiento	2018	hg/ha	968227
Guyana	Rendimiento	2018	hg/ha	803616
Guyana	Rendimiento	2018	hg/ha	788293
Haití	Rendimiento	2018	hg/ha	719138
Haití	Rendimiento	2018	hg/ha	692285
Honduras	Rendimiento	2018	hg/ha	683741
Honduras	Rendimiento	2018	hg/ha	658837
Jamaica	Rendimiento	2018	hg/ha	592487
Jamaica	Rendimiento	2018	hg/ha	569818
México	Rendimiento	2018	hg/ha	549925
México	Rendimiento	2018	hg/ha	520345
Nicaragua	Rendimiento	2018	hg/ha	504786
Nicaragua	Rendimiento	2018	hg/ha	457572
Panamá	Rendimiento	2018	hg/ha	443533
Panamá	Rendimiento	2018	hg/ha	391092
Paraguay	Rendimiento	2018	hg/ha	385123
Paraguay	Rendimiento	2018	hg/ha	384615
Perú	Rendimiento	2018	hg/ha	374632
Perú	Rendimiento	2018	hg/ha	336402

Puerto Rico	Rendimiento	2018	hg/ha	315000
Puerto Rico	Rendimiento	2018	hg/ha	300619
República Dominicana	Rendimiento	2018	hg/ha	255542
República Dominicana	Rendimiento	2018	hg/ha	206147
Saint Kitts y Nevis	Rendimiento	2018	hg/ha	202634
Saint Kitts y Nevis	Rendimiento	2018	hg/ha	197471
Santa Lucía	Rendimiento	2018	hg/ha	190811
Santa Lucía	Rendimiento	2018	hg/ha	152919
Suriname	Rendimiento	2018	hg/ha	134543
Suriname	Rendimiento	2018	hg/ha	122051
Trinidad y Tobago	Rendimiento	2018	hg/ha	121587
Trinidad y Tobago	Rendimiento	2018	hg/ha	119389
Uruguay	Rendimiento	2018	hg/ha	116000
Uruguay	Rendimiento	2018	hg/ha	98846
Venezuela	Rendimiento	2018	hg/ha	74617
Venezuela	Rendimiento	2018	hg/ha	64322

Anexo 4: Valores de superficie cosechada de tomate en el continente americano, según FAO (2020)

Área	Elemento	Año	Unidad	Valor
Antigua y Barbuda	Área cosechada	2018	ha	52
Antigua y Barbuda	Área cosechada	2019	ha	52
Argentina	Área cosechada	2018	ha	16870
Argentina	Área cosechada	2019	ha	16828
Bahamas	Área cosechada	2018	ha	134
Bahamas	Área cosechada	2019	ha	115
Barbados	Área cosechada	2018	ha	37
Barbados	Área cosechada	2019	ha	41
Belice	Área cosechada	2018	ha	83
Belice	Área cosechada	2019	ha	62
Bolivia	Área cosechada	2018	ha	4810
Bolivia	Área cosechada	2019	ha	4696
Brasil	Área cosechada	2018	ha	57388
Brasil	Área cosechada	2019	ha	54537
Canadá	Área cosechada	2018	ha	6190
Canadá	Área cosechada	2019	ha	5906
Chile	Área cosechada	2018	ha	15858
Chile	Área cosechada	2019	ha	15202
Colombia	Área cosechada	2018	ha	10064
Colombia	Área cosechada	2019	ha	8478
Costa Rica	Área cosechada	2018	ha	1100
Costa Rica	Área cosechada	2019	ha	1134
Cuba	Área cosechada	2018	ha	46395
Cuba	Área cosechada	2019	ha	40012
Dominica	Área cosechada	2018	ha	39
Dominica	Área cosechada	2019	ha	40

Ecuador	Área cosechada	2018	ha	1547
Ecuador	Área cosechada	2019	ha	1401
El Salvador	Área cosechada	2018	ha	592
El Salvador	Área cosechada	2019	ha	639
Estados Unidos	Área cosechada	2018	ha	130270
Estados Unidos	Área cosechada	2019	ha	110760
Granada	Área cosechada	2018	ha	953
Granada	Área cosechada	2019	ha	864
Guatemala	Área cosechada	2018	ha	8550
Guatemala	Área cosechada	2019	ha	8462
Guyana	Área cosechada	2018	ha	564
Guyana	Área cosechada	2019	ha	421
Haití	Área cosechada	2018	ha	161
Haití	Área cosechada	2019	ha	161
Honduras	Área cosechada	2018	ha	920
Honduras	Área cosechada	2019	ha	747
Jamaica	Área cosechada	2018	ha	1542
Jamaica	Área cosechada	2019	ha	1471
México	Área cosechada	2018	ha	90323
México	Área cosechada	2019	ha	87917
Nicaragua	Área cosechada	2018	ha	1820
Nicaragua	Área cosechada	2019	ha	1764
Panamá	Área cosechada	2018	ha	630
Panamá	Área cosechada	2019	ha	612
Paraguay	Área cosechada	2018	ha	1300
Paraguay	Área cosechada	2019	ha	1360
Perú	Área cosechada	2018	ha	5539
Perú	Área cosechada	2019	ha	4861
Puerto Rico	Área cosechada	2018	ha	329

Puerto Rico	Área cosechada	2019	ha	326
República Dominicana	Área cosechada	2018	ha	6481
República Dominicana	Área cosechada	2019	ha	6886
Saint Kitts y Nevis	Área cosechada	2018	ha	15
Saint Kitts y Nevis	Área cosechada	2019	ha	9
Santa Lucía	Área cosechada	2018	ha	10
Santa Lucía	Área cosechada	2019	ha	9
Surinam	Área cosechada	2018	ha	126
Surinam	Área cosechada	2019	ha	101
Trinidad y Tobago	Área cosechada	2018	ha	273
Trinidad y Tobago	Área cosechada	2019	ha	242
Uruguay	Área cosechada	2018	ha	451
Uruguay	Área cosechada	2019	ha	386
Venezuela	Área cosechada	2018	ha	9027
Venezuela	Área cosechada	2019	ha	8747

Anexo 5: Algunas de las bibliografías consultadas



**Entomologia
Experimentalis et Applicata**

FOUNDED 1958



DOI: 10.1111/eea.12970

Response of mirid predators to synthetic herbivore-induced plant volatiles

Diego B. Silva^{1,2*} , Alberto Urbaneja² & Meritxell Pérez-Hedo²

¹Department of Entomology and Acarology, Luís de Queiroz College of Agriculture, University of São Paulo, Piracicaba Brazil, and ²Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA), Centro de Protección Vegetal y Biotecnología, Valencia Spain

Accepted: 31 July 2020

Key words: plant defense, green leaf volatiles, methyl salicylate, predation behavior, *Nesidiocoris tenuis*, *Macrolophus pygmaeus*, *Dicyphus bolivari*, Hemiptera, Miridae, zoophytophagy, HIPVs, tomato

Abstract

Zoophytophagous plant bugs feed on plant tissue as a source of water and nutrients, besides feeding on prey. By phytophagy, mirid predators activate plant defense responses through different pathways, resulting, among others, in the release of herbivore-induced plant volatiles (HIPVs). These compounds could repel herbivores and attract parasitoids and predators, and synthetic versions could potentially be used in biological control. Nevertheless, little is known about the influence of synthetic volatiles on mirid attraction. Using Y-tube olfactometer trials, we evaluated the responses of *Nesidiocoris tenuis* (Reuter), *Macrolophus pygmaeus* (Rambur), and *Dicyphus bolivari* Lindberg (Hemiptera: Miridae), important natural enemies used to control various greenhouse pests, to 10 synthetic versions of HIPVs released from tomato (*Solanum lycopersicum* L., Solanaceae) plants induced by *N. tenuis* and *M. pygmaeus*. *Nesidiocoris tenuis* responded to five of the 10 HIPVs, whereas *M. pygmaeus* and *D. bolivari* responded to four of the 10 HIPVs. Two green leaf volatiles, (Z)-3-hexenyl propanoate and (Z)-3-hexenyl acetate, and the ester methyl salicylate (MeSA) were attractive to all three mirid predator species. Our results demonstrate that the volatiles released by tomato plants activated by *N. tenuis* and *M. pygmaeus* phytophagy are attractive to their conspecifics and also to *D. bolivari*. Further studies should evaluate the potential of these compounds to attract predatory mirids in the field.

⏪ ⏩ 1 / 8 ⏮ ⏭ 📄 📄



Article

Biological Control Potential and Drawbacks of Three Zoophytophagous Mirid Predators against *Bemisia tabaci* in the United States

Amy Roda ^{1,*}, Jose Castillo ², Carina Allen ¹, Alberto Urbaneja ³ , Meritxell Pérez-Hedo ³ , Scott Weihman ¹ and Philip A. Stansly ²

¹ United States Department of Agriculture, Animal Plant Health Inspection Service, Plant Protection and Quarantine, Science and Technology, Miami, FL 33158, USA; carina.Lallen@usda.gov (C.A.); scott.w.weihman@usda.gov (S.W.)

² Department of Entomology and Nematology, Southwest Florida Research and Education Center, University of Florida, Immokalee, FL 34142, USA; castillojos@hotmail.com (J.C.); pstansly@ufl.edu (P.A.S.)

³ Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA), Centro de Protección Vegetal y Biotecnología, Unidad de Entomología, Carretera CV-315, Km 10'7, 46113 Moncada, Spain; aurbaneja@ivia.es (A.U.); meritxell_p@hotmail.com (M.P.-H.)

* Correspondence: amy.Lroda@usda.gov; Tel.: +1-(305)-278-4900

Received: 2 September 2020; Accepted: 26 September 2020; Published: 1 October 2020



Simple Summary: The silverleaf whitefly, *Bemisia tabaci*, is a serious economic pest of tomatoes, particularly as this insect can carry devastating plant diseases. Growers currently rely on costly insecticides and biocontrol agents may offer a viable alternative in the integrated pest management of tomatoes. We studied one established and two native omnivorous plant bugs' (mirids) ability to control whiteflies, whether they damaged tomato plants, and their ability to persist in the crop. Established biocontrol agents have advantages as they typically have little impact on non-target native species, they have adapted to the local environment and are less expensive than importing and testing exotic agents. In field cage studies, all three species controlled whiteflies. However, the damage the mirids caused to tomato plants varied greatly. We also tested whether an alternate host plant, sesame, could increase mirid numbers and reduce plant damage. These experiments showed that the benefits of sesame varied among the mirid species. Although not all established generalist mirids would be suited for use as biocontrol agents, this study showed that two of USA's mirid

Review



Received: 25 May 2020

Revised: 4 August 2020

Accepted article published: 10 August 2020

Published online in Wiley Online Library:

(wileyonlinelibrary.com) DOI 10.1002/ps.6043

Use of zoophytophagous mirid bugs in horticultural crops: Current challenges and future perspectives

Meritxell Pérez-Hedo,*  Chaymaa Riahi  and Alberto Urbaneja 

Abstract

In recent years, the use of predatory mirid bugs (Hemiptera: Miridae) in horticultural crops has increased considerably. Mirid bugs are zoophytophagous predators, that is, they display omnivorous behavior and feed on both plants and arthropods. Mirid bugs feed effectively on a wide range of prey, such as whiteflies, lepidopteran eggs and mites. In addition, the phytophagous behavior of mirid bugs can activate defenses in the plants on which they feed. Despite the positive biological attributes, their use still presents some constraints. Their establishment and retention on the crop is not always easy and economic plant damage can be caused by some mirid species. In this review, the current strategies for using zoophytophagous mirid bugs in horticultural crops, mainly *Nesidiocoris tenuis*, *Macrolophus pygmaeus* and *Dicyphus hesperus*, are reviewed. We discuss six different approaches which, in our opinion, can optimize the efficacy of mirids as biocontrol agents and help expand their use into more areas worldwide. In this review we (i) highlight the large number of species and biotypes which are yet to be described and explore their applicability, (ii) present how it is possible to take advantage of the mirid-induced plant defenses to improve pest management, (iii) argue that genetic selection of improved mirid strains is feasible, (iv) explore the use of companion plants and the use of alternative foods to improve the mirid bug management, and finally (v) discuss strategies for the expansion of mirid bugs as biological control agents to horticultural crops other than just tomatoes.

© 2020 Society of Chemical Industry

Supporting information may be found in the online version of this article.

Keywords: Miridae; *Nesidiocoris*; *Macrolophus*; *Dicyphus*; biological control



Intraguild predation and cannibalism among Dicyphini: *Dicyphus cerastii* vs. two commercialized species

Gonçalo Abraços Duarte^{1,2*} , Filipa Caldas¹, Ariadna Pechirra¹ , Elsa Borges da Silva^{1,3}  & Elisabete Figueiredo^{1,2} 

¹Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa, Tapada da Ajuda, Lisboa, Portugal, ²LEAF, Linking Landscape, Environment, Agriculture and Food, Tapada da Ajuda, Lisboa, Portugal, and ³CEF, Forest Research Centre, Tapada da Ajuda, Lisboa, Portugal

Accepted: 17 March 2020

Key words: biological control, competition, conservation, *Macrolophus pygmaeus*, Mediterranean crops, *Nesidiocoris tenuis*, protected crops, Hemiptera, Miridae, alternative prey, intraguild predation, cannibalism, tomato, *Ephestia kuehniella*, *Dicyphus cerastii*

Abstract

Dicyphine mirids are one of the most important groups of predators on tomato. In the Mediterranean region, several species in the genera *Dicyphus*, *Macrolophus*, and *Nesidiocoris* (Hemiptera: Miridae, Bryocorinae, Dicyphini) colonize protected horticultural crops. In Portugal, *Nesidiocoris tenuis* (Reuter) is increasingly abundant in the mirid species complex of tomato crops and appears to be displacing the native *Dicyphus cerastii* Wagner. In order to know whether intraguild predation (IGP) can explain the decreasing abundance of *D. cerastii*, we evaluated predatory interactions between adult females and first instars of *D. cerastii* vs. *N. tenuis* but also *D. cerastii* vs. *Macrolophus pygmaeus* (Rambur), as this species is also naturally present in horticultural crops in Portugal. Cannibalistic interactions were also tested for the same three species. All experiments were performed under laboratory conditions, in Petri dish arenas, in the presence or absence of *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae) eggs as alternative prey. Predation on both heterospecific and conspecific nymphs occurred only in the absence of alternative food. Intraguild predation was mutual and symmetrical between *D. cerastii* and *M. pygmaeus*. However, IGP was asymmetrical between *D. cerastii* and *N. tenuis*, favouring the first. Cannibalism was not significantly different among these mirid species. Our results show that *D. cerastii* has a greater capacity to feed on intraguild prey than *N. tenuis*. Therefore, IGP on small

Acarologia

Open Science
in Acarology

First record of two insects preying on the red tomato spider mite *Tetranychus evansi* (Acari: Tetranychidae) in Latakia governorate, Syria

Ahmad Malek Dayoub^a, Hazem Dib^{a,b}, Angham Boubou^a

^aDepartment of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Tishreen University, Latakia, Syria.

^bUniv. Avignon, Aix Marseille Univ., CNRS, IRD, IMBE, Pôle Agrosociosciences, 301 rue Baruch de Spinoza, BP 21239, 84916 Avignon, France.

Short note

ABSTRACT

The red tomato spider mite *Tetranychus evansi* is an important invasive pest of solanaceous plants worldwide. It has been recorded in Syria since 2011 in Latakia governorate, a Mediterranean coastal region. During survey conducted in 2019, the ladybird beetle, *Stethorus gilvifrons* (Mulsant) (Coleoptera: Coccinellidae) and the acarivorous gall midge, *Feltiella acarisuga* (Vallot) (Diptera: Cecidomyiidae) were identified in association with *T. evansi* colonies on tomato and black nightshade from 12 sites in Latakia. Larvae of *F. acarisuga*, and larvae and adults of *S. gilvifrons*, were observed preying on all developmental stages of *T. evansi*. This is the first record of *T. evansi* as a prey of *S. gilvifrons*. A literature review of *Stethorus* and *Feltiella* species previously reported in association with *T. evansi* on solanaceous plants is also provided.

Keywords biological control; spider mites; predation; *Stethorus gilvifrons*; *Feltiella acarisuga*; *Tetranychus evansi*; Solanaceae; Syria

Compatibility of Bifenazate and the *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae), for management of Twospotted Spider Mites (Acari: Tetranychidae) in North Carolina

Tom R. Bilbo^{*} and James F. Walgenbach¹

Department of Entomology and Plant Pathology, Mountain Horticultural Crops Research and Education Center, North Carolina State University, 455 Research Drive, Mills River, NC 28759 and ¹Corresponding author, e-mail: jim_walgenbach@ncsu.edu

Subject Editor: Cheryle O'Donnell

Received 29 April 2020; Editorial decision 30 June 2020

Abstract

The twospotted spider mite (TSSM, *Tetranychus urticae* Koch) is a key pest of tomatoes (*Solanum lycopersicon* L. [Solanales: Solanaceae]) in North Carolina, and its management has relied principally on synthetic acaricides. Augmentative biological control of TSSM is a commonplace and effective management strategy in greenhouses worldwide, but in field-grown vegetable crops biocontrol of TSSM is poorly developed. We conducted small-plot field experiments in 2016 and 2019 to test the ability of the predatory mite, *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot, to establish, disperse, and reduce TSSM in staked tomatoes, as well as test their compatibility with a commonly used reduced-risk acaricide, bifenazate (Acramite). Across both years, the most effective treatment for reducing TSSM was the combination of *P. persimilis* + Acramite. *Phytoseiulus persimilis* successfully established both years, but its population growth and dispersal were greater in 2016 than 2019. Acramite alone significantly reduced TSSM pressure in 2019 and *P. persimilis* alone did not reduce TSSM pressure below the control in either year. However, results in 2016 were influenced by the eventual dispersal of *P. persimilis* into all experimental plots, despite efforts to hinder their movement with corn barriers. Results in 2019 were influenced by the late-season invasion of TSSM into the trial, which delayed *P. persimilis* releases and influenced their establishment and growth. This study is the first to demonstrate the utility and limitations of *P. persimilis* in staked field tomatoes, which is a promising option for growers to manage TSSM in tomatoes in the southeast United States.

Key words: twospotted spider mite, *Phytoseiulus persimilis*, bifenazate, tomato, biological control

The potential of *Dicyphus hesperus* as a biological control agent of potato psyllid and sweetpotato whitefly in tomato

F.J. Calvo^{1*}, A. Torres², E.J. González² and M.B. Velázquez²

¹R & D Department, Koppert España S.L. Calle Cobre, 22. Polígono Ind. Ciudad del Transporte. 04745 La Mojonera, Almería (España), Spain: ²R&D Department, Koppert México SA de CV, Circuito el Marqués Norte 82, Parque Ind. El Marqués, Querétaro, México.
E-mail: atorres@koppert.mx.com

Abstract

The potential of the mirid predator *Dicyphus hesperus* Knight (Heteroptera: Miridae) as a biological control agent of the sweetpotato whitefly, *Bemisia tabaci* Gennadius (Hemiptera: Aleyrodidae) and the potato psyllid, *Bactericera cockerelli* Sulzer (Hemiptera: Psyllidae) in tomato was investigated in two experiments. The first experiment focused on the study of the life history traits of *D. hesperus* when fed on nymphs of the potato psyllid compared with the factitious prey *Ephesttia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae) eggs. Although reproductive and development rates were higher on *E. kuehniella* eggs, the predator exhibited a good intrinsic rate of natural increase (r_m) when feeding on *B. cockerelli* nymphs (r_m : *B. cockerelli* 0.069 ± 0.0001 ; *E. kuehniella* 0.078 ± 0.0001), thus reflecting good potential as a biocontrol agent of this pest. The second experiment focused on the efficacy of *D. hesperus* as a biocontrol agent of the potato psyllid and the sweetpotato whitefly in a tomato greenhouse. Prey species were offered individually or together in a series of five treatments in greenhouse cages. Results showed that the predator was able to establish and suppress populations of both pests inhabiting tomato plants when pests occurred alone or together. Thus, *D. hesperus* was demonstrated to be a suitable biocontrol agent of these two important pests that could be used in tomato greenhouses.

Keywords: greenhouse crops, Miridae, *Bemisia tabaci*, *Bactericera cockerelli*, augmentation



ELSEVIER

Contents lists available at ScienceDirect

Biological Control

journal homepage: www.elsevier.com/locate/ybcon



Biological control of twospotted spider mites [*Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae)] using *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot (Acari: Phytoseiidae) at different ratios of release on field-grown tomatoes



Papatya Tiftikçi^a, Şahin Kök^b, İsmail Kasap^{c,*}

^a Ministry of Agriculture and Forestry, Çanakkale Directorate of Provincial Agriculture and Forestry, Çanakkale, Turkey

^b Çanakkale Onsekiz Mart University, Lapseki Vocational School, Department of Plant and Animal Production, Çanakkale, Turkey

^c Çanakkale Onsekiz Mart University, Faculty of Agriculture, Department of Plant Protection, Çanakkale, Turkey

ARTICLE INFO

Keywords:
Biological control
P. persimilis
Release ratio
T. urticae
Time
Tomato

ABSTRACT

In the present study, the effectiveness and optimum release times of the phytoseiid mite *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot (Acari: Phytoseiidae) at release ratios of 1:10, 1:20 and 1:40 predator:prey were evaluated to reveal its potential for biological control of twospotted spider mites [*Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae)] on tomato field in the Çanakkale province of Northwest Turkey. After release of the predators and prey in the second crop production period, counting was carried out by sampling of tomato leaves for a period of 8 weeks. *P. persimilis* released at ratios of 1:10 and 1:20 predator:prey significantly suppressed *T. urticae* and remained on the tomato leaves during sampling. At release ratios 1:10 and 1:20 predator:prey, *T. urticae* populations on tomato reached 76.0 ± 17.9 and 39.4 ± 7.3 per leaf, respectively, and decreased by half after 8 weeks. Our results indicate that *P. persimilis* can be released for the effective control of mites from the mid-August to the beginning of September on tomato in the study region. Also, it is concluded that the release of *P. persimilis* on tomato grown as the second crop will have a higher potential for biological control of *T. urticae*.

REVIEW ARTICLE

Open Access

Pathogenicity of entomopathogenic fungi against the aphid and the whitefly species on crops grown under greenhouse conditions in India



Harshdeep Singh^{1*} and Tanjot Kaur²

Abstract

The aphids, *Myzus persicae* (Sulzer) and *Aphis gossypii* (Glover) (Hemiptera: Aphididae) and the whiteflies, *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) and *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) are the most damaging pests of greenhouse crops, which cause vector-borne viral diseases and its damage includes chlorosis, necrosis, and fruit abortion. This review article addresses the protected cultivation of vegetable crops (cucumber, capsicum, tomato, and gerbera), important insect pests of greenhouse crops in India along with its management by entomopathogenic fungi (EPF) and increase in the virulence by different genetically modified techniques. Due to excessive and indiscriminate use of insecticides over the years, these insect pests became resistant to these insecticides. So, there is a need for the effectual substitutes to manage these pests. Biological control is a foundation of integrated pest management (IPM) that plays a key role in the repression of arthropod pests. Among different IPM program, the uses of different microbial formulations are ecofriendly and safe for life and proven a boon for the farmers and entrepreneurs. EPF are the most effective in reducing aphid and whitefly populations on vegetable crops recommending its organic production under greenhouse conditions and could be a part of IPM. In the future, these insect pests will become more resistant to entomopathogens. Some novel techniques such as genetic engineering of fungal formulations will be required to increase the efficiency of various entomopathogens as these techniques are well adopted by countries like the USA, China, and European countries but its use in India and needs to be improved in the near future.

Keywords: Protected cultivation, Aphid, Whitefly, Entomopathogenic fungi, Genetic engineering

scientific reports



OPEN Endophytic fungi protect tomato and nightshade plants against *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) through a hidden friendship and cryptic battle

Ayaovi Agbessenou^{1,2}, Komivi S. Akutse^{1,2*}, Abdullahi A. Yusuf^{2,3}, Sunday Ekesi³, Sevgan Subramanian³ & Fathiya M. Khamis²

Endophytic fungi live within plant tissues without causing any harm to the host, promote its growth, and induce systemic resistance against pests and diseases. To mitigate the challenging concealed feeding behavior of immature stages of *Tuta absoluta* in both tomato (*Solanum lycopersicum*) and nightshade (*Solanum scabrum*) host plants, 15 fungal isolates were assessed for their endophytic and insecticidal properties. Twelve isolates were endophytic to both host plants with varied colonization rates. Host plants endophytically-colonized by *Trichoderma asperellum* M2RT4, *Beauveria bassiana* ICIPE 706 and *Hypocrea lixii* F3ST1 outperformed all the other isolates in reducing significantly the number of eggs laid, mines developed, pupae formed and adults emerged. Furthermore, the survival of exposed adults and F1 progeny was significantly reduced by *Trichoderma* sp. F2L41 and *B. bassiana* isolates ICIPE 35(4) and ICIPE 35(15) compared to other isolates. The results indicate that *T. asperellum* M2RT4, *B. bassiana* ICIPE 706 and *H. lixii* F3ST1 have high potential to be developed as endophytic-fungal-based biopesticide for the management of *T. absoluta*.



Entomopathogenic fungus isolates for adult *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) management and their compatibility with *Tuta* pheromone

Komivi S. Akutse  | Sevgan Subramanian | Fathiya M. Khamis | Sunday Ekesi  | Samira A. Mohamed 

International Centre of Insect Physiology and Ecology (icipe), Nairobi, Kenya

Correspondence

Komivi S. Akutse, International Centre of Insect Physiology and Ecology (icipe), Nairobi, Kenya.
Email: kakutse@icipe.org

Funding information

German Federal Ministry for Economic Cooperation and Development (BMZ/GIZ), Grant/Award Number: 12.1433.7-001.00 / 81157481; African Union (AU), Grant/Award Number: AURG II-2-123-2018; Biovision Foundation – Switzerland, Grant/Award Number: BV DPP-012/2019-2021; BioInnovate Africa Phase I, Grant/Award Number: BA/CI/2017-02/PROSAFE; Norwegian Agency for Development Cooperation, Grant/Award Number: RAF-3058 KEN-18/0005

Abstract

Tomato, *Solanum lycopersicum*, is a widely consumed and economically important vegetable in the tropics. However, its production and productivity have been recently hampered by the invasive *Tuta absoluta* (Meyrick), a key pest of tomato causing extensive economic damage in Africa. Currently, the commonly used management strategy is synthetic insecticides with hazardous effects on humans and environment. The application of entomopathogenic fungal and viral-based biopesticides is promising alternatives. To identify potent strains, pathogenicity of dry conidia of 12 *Metarhizium anisopliae* isolates was evaluated against adult *T. absoluta*. Further effects of the most potent isolates on pupation through the late 4th instar larval infection, adult emergence and horizontal transmission of inoculum were assessed. *Metarhizium anisopliae* ICIPE 18, ICIPE 20 and ICIPE 665 outperformed the other isolates causing adult mortality of 95.0%, 87.5% and 86.25%, respectively. The three potent isolates differed significantly for LT_{50} values of 5.13, 3.17 and 2.38 days for ICIPE 18, ICIPE 20 and ICIPE 665, respectively. Pupation and adult emergence were significantly reduced by these potent isolates, which were also compatible with *Tuta* pheromone (TUA-Optima[®]) with $\geq 90\%$ conidial germination 24 hr post-exposure. These potent isolates could be developed as effective biopesticides and used in combination with TUA-Optima[®] for mass trapping and auto-dissemination for *T. absoluta* management in solanaceous crop production systems.

KEYWORDS

auto-dissemination, biopesticides, horizontal transmission, *Metarhizium anisopliae*, pathogenicity, TUA-Optima[®]