

Potencialidades de grupos de nematodos para el manejo de plagas del orden Thysanoptera. II: Entomopatógenos



CU-ID: 2247/v37n2e06

Potentialities of groups of nematodes for management of Thysanoptera order pests. II: Entomopathogens

 Mayra G. Rodríguez Hernández *

Laboratorio de Nematología Agrícola. Dirección de Sanidad Vegetal. Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria (CENSA). Apartado 10, San José de las Lajas, CP 32700. Mayabeque, Cuba.

RESUMEN: Este artículo de revisión, cuya primera parte se dedicó a nematodos parásitos de trips, tuvo como objetivo poner a disposición de actores sociales vinculados a la agricultura, información resumida acerca de las potencialidades de los nematodos entomopatógenos (NEPs) (*Heterorhabditis* y *Steinernema*) para el manejo de plagas de Thysanoptera, como una contribución al diseño y ejecución de los estudios que, en Cuba, se pueden ejecutar para la inclusión de estos agentes de control biológico (ACB) en el manejo de *Megalurothrips usitatus* (Bagnall) y otros trips de importancia. Los NEPs se estudiaron para establecer su uso en el manejo de plagas de Thysanoptera; más de un centenar de estudios están disponibles en bases de datos, demostrando la eficacia de ciertas especies/cepas de ambos géneros, para su uso como ACB individual o combinados con biorreguladores y productos de origen botánico o químico. Productos comerciales, donde los ingredientes activos son especies/cepas de NEPs, se utilizan eficazmente contra especies de trips en condiciones de producción en hortalizas y flores. Las especies más estudiadas fueron *Steinernema feltiae* Filipjev y *Heterorhabditis bacteriophora* Poinar y los trips diana; de parte de los ensayos, fueron *Frankliniella occidentalis* Pergande y *Thrips tabaci* Lindeman. Diversos estudios evaluaron dosis de juveniles infectivos (JI) en aplicaciones a suelos y sustratos para el manejo de prepupas y pupas; mientras que, en otros ensayos, se determinaron la eficacia de aplicaciones foliares. Elementos clave resultan las dosis de aplicación, donde la efectividad del NEP depende del uso de más de 100-200 JI.cm de sustrato/suelo⁻¹. No se hallaron estudios del uso de NEPs para manejar *M. usitatus*, por lo que deben ser objeto de futuras investigaciones en Cuba.

Palabras clave: *Frankliniella*, *Hercinothrips*, nematodos entomopatógenos, *Phaseolus* spp., *Photorhabdus*, *Solanum tuberosum*, *Thrips*, *Xenorhabdus*.

ABSTRACT: This paper review, first part of which was dedicated to the parasitic nematodes of thrips, had the objective of providing stakeholders linked to agriculture a summarized information about the potentialities of entomopathogenic nematodes (EPNs) (*Heterorhabditis* and *Steinernema*) for management Thysanoptera pests, as a contribution to the design and execution in Cuba of those studies that allow the inclusion of these biological control agents (BCA) for management of *Megalurothrips usitatus* (Bagnall) and other important thrips. The EPNs were studied to establish their use in Thysanoptera pest management, and more that hundreds of papers are available in data bases that show the efficacy of certain species/strains within both genera to be used as BCA individually or combined with other bioregulators and botanic or chemical products. Commercial products with species/strains of EPNs as the active ingredients have been used efficiently against trips species on vegetables and flowers in production conditions. The most studied species were *Steinernema feltiae* Filipjev and *Heterorhabditis bacteriophora* Poinar, and the target thrips, in many of the assays, were *Frankliniella occidentalis* Pergande and *Thrips tabaci* Lindeman. Several studies evaluated infective juveniles (IJ) doses applied to the soil and substrates for management of pre-pupae and pupae, while the efficacy of foliar applications was determined in other assays. Key elements are application doses because of the effectiveness dependence on the use of more than 100-200 IJ per cm of substrate/soil. Studies about the use of EPNs for *M. usitatus* management were not found, an objective that must be included in the future research work in Cuba

Key Words: *Frankliniella*, *Hercinothrips*, entomopathogenic nematodes, *Phaseolus* spp., *Photorhabdus*, *Solanum tuberosum*, *Thrips*, *Xenorhabdus*.

*Correspondencia a: Mayra G. Rodríguez Hernández. E-mail: mrguez@censa.edu.cu; mayrag2531961@gmail.com

Recibido: 16/07/2022

Aceptado: 01/08/2022

INTRODUCCIÓN

Los insectos del Orden Thysanoptera son muy pequeños, están diseminados por todo el mundo y se pueden hallar, de forma gregaria, en el follaje y las flores de diversas especies de plantas, produciendo destrucción en los órganos donde se alimentan; adicionalmente, diversas especies poseen la capacidad de transmitir virus fitopatógenos (1). Más de un centenar de especies de trips se informaron en Cuba; *Thrips palmi* (Karny), *Frankliniella tritici* (Ficth), *Frankliniella schultzei* (Trybom), *Frankliniella insularis* (Franklin), *Thrips tabaci* (Lindeman) y *Megalurothrips usitatus* (Bagnall) son las especies de importancia, debido a los daños que producen y los cultivos que afectan cada una de ellas, como papa (*Solanum tuberosum* L) y frijoles (*Phaseolus* spp.), entre otros (2, 3, 4, 5).

El control de los trips es complejo y es necesario utilizar programas de Manejo Integrado de Plagas (MIP), que combinen buenas prácticas culturales, el uso de enemigos naturales e insecticidas de baja toxicidad (6). Diversos agentes de control biológico están incluidos en el MIP de estos insectos (7) y resulta frecuente, en Europa y otras partes del mundo, el uso de productos comerciales cuyos ingredientes activos son diferentes especies y cepas de nematodos entomopatógenos (NEPs) (ej. <https://www.koppert.com/entonem/>), para el manejo de trips en invernaderos.

Los Juveniles Infecciosos (JI) de estos nematodos tienen la capacidad de sobrevivir fuera del insecto hospedero, se mueven en el suelo o sustrato y buscan e infectan a los insectos (8). Las fases prepupa y pupa, del ciclo de vida de los trips, transcurren en el suelo, donde los plaguicidas y otros enemigos naturales no las alcanzan y los JI de los NEPs pueden llegar y ejercer su acción (9).

El análisis de la literatura, sobre las relaciones de los trips y nematodos, evidenció la existencia de dos grupos de nematodos, uno conformado por parásitos obligados del género *Thripinema* y otro formado por NEPs (10). En Cuba, los NEPs representan agentes de control biológico de amplio uso y de cierta disponibilidad en todo el país; más de 908 000 millones de JI se producen al año (11) lo que hace pensar en la posibilidad de contar con estos organismos como una poderosa herramienta, dentro del manejo, para regular exitosamente las poblaciones de *M. usitatus* (9), una especie que está causando pérdidas en un rubro agrícola de importancia para Cuba como el frijol (*Phaseolus vulgaris* L. (5) y otros trips que afectan papa y cultivos en casas protegidas.

El objetivo de esta revisión fue resumir las principales investigaciones desarrolladas en torno a las relaciones trips-NEP, como una contribución al conocimiento de actores sociales vinculados al estudio y manejo en campo de estas plagas, así como para alentar el desarrollo de investigaciones que permitan evaluar la facti-

bilidad económica y técnica del uso de estos agentes de control biológico en el manejo integrado de trips en Cuba.

PARTE ESPECIAL

Nematodos entomopatógenos. Generalidades

Los NEP (Rhabditidae) habitan los suelos naturales y agrícolas de los continentes, excepto Antártica (12); demandan la existencia de agua (humedad) en esos suelos (y sustratos) y, aunque algunas especies pueden sobrevivir anhidrobióticamente, todos los nematodos requieren humedad para su supervivencia y reproducción (13); aspecto a tener en consideración cuando se aplican en los cultivos y en escenarios futuros de cambio climático que afectarán las disponibilidades de agua en el suelo.

Estos nematodos cumplen un servicio ecosistémico importante, al actuar como agentes de control biológico (ACB) de diversas plagas de artrópodos (1, 14) y, adicionalmente, constituyen componentes naturales de las cadenas tróficas en el suelo.

Se describieron cuatro géneros (*Steinernema*, *Neosteinernema*, *Heterorhabditis* y *Oscheius*); sin embargo, solo poseen importancia, como ACB, especies de *Steinernema* y *Heterorhabditis*, que tienen simbiosis con especies bacterianas (γ -Proteobacteria) de los géneros *Xenorhabdus* y *Photorhabdus*, respectivamente (15). En *Steinernema*, la bacteria *Xenorhabdus* se localiza en vesículas intestinales especializadas del JI; mientras que, en *Heterorhabditis*, su simbionte *Photorhabdus* se ubica en la parte anterior del intestino (12).

El estadio resistente del nematodo es el JI, que porta la bacteria simbionte y posee la capacidad de localizar, de forma efectiva, a su hospedante, reconociendo señales que delatan la presencia del insecto como vibraciones, incremento de concentración de CO₂, volátiles específicos emitidos por las raíces de plantas afectadas y otras señales (15). Posterior a la localización, el JI penetra al interior del insecto, a través de las aberturas naturales (cavidad bucal, ano y espiráculos) en ambos géneros o barrenando las paredes del cuerpo del insecto (género *Heterorhabditis*); migra en la hemolinfa de los insectos y libera la bacteria, que se multiplica, excreta toxinas y produce la muerte del insecto por septicemia, en 24 - 48 horas, creando condiciones para que el nematodo se alimente, complete su desarrollo y se reproduzca. Casi todo el ciclo del nematodo transcurre dentro del insecto, con excepción del JI, que reside en el suelo (8).

Se describieron, hasta el momento, 102 especies de *Steinernema* y 22 de *Heterorhabditis* (16). Con relación a sus bacterias simbiotes, se conocen más de una treintena de especies de *Xenorhabdus* y unas dos decenas de *Photorhabdus*. La asociación nematodo-bacteria es altamente específica; así cada especie

de nematodo se asocia con solo una especie de bacteria; sin embargo, una especie de bacteria puede estar asociada a más de una especie de nematodo (17).

La asociación de nematodos y bacterias se considera mutualista, pues los primeros necesitan de su simbionte para que se produzca la muerte rápida del insecto, la creación de un ambiente favorable para su desarrollo por la producción de anticuerpos que supriman a organismos competidores y la transformación de los tejidos del insecto, para permitir que el nematodo se alimente y reproduzca. Por su parte, la bacteria necesita del nematodo para su diseminación de un insecto a otro, su protección ante factores externos (pues no posee estado resistente y las condiciones ambientales externas la afectan), el nematodo propicia su entrada al hemocele del insecto y produce, adicionalmente, la inhibición de proteínas antibacterianas en el insecto (15, 17).

Los NEPs poseen seis estadios de vida: el huevo, cuatro estadios juveniles y adulto. El JI es el tercero, puede sobrevivir sin alimentos durante periodos prolongados (por eso la faringe y el intestino están colapsados). El JI está cubierto con la cutícula del segundo estadio juvenil como una “vaina”, lo que ofrece una tolerancia extra a condiciones ambientales extremas. Antes de localizar al insecto, los JI deben sobrevivir utilizando sus reservas energéticas (lípidos y sus ácidos grasos), lo cual también es crítico para la infección (15).

Dentro del insecto, el JI muda y se convierte en adulto hermafrodita en los heterorhabditidos, produciendo una segunda generación donde habrá hermafroditas, machos y hembras. En los steinernematidos, casi todas las especies son anfimícticas (se reproducen sexualmente), cada JI se desarrolla en macho o hembra y necesitan la cópula para reproducirse. El tiempo que transcurre entre la infección inicial y la emergencia de JI va desde 10 y hasta 30 días, en dependencia de la especie de nematodo, tamaño del hospedero y la temperatura (15).

El comportamiento de los JI en la búsqueda del insecto varía entre especies, desde la emboscada (*ambuscher*), donde el nematodo se mueve relativamente poco y esperaría a que el hospedante pase, lo que ocurre cerca de la superficie del suelo, hasta el comportamiento crucero (*cruisier*), donde el JI se traslada en el suelo, en búsqueda de hospedantes más sedentarios (13). No obstante, numerosas especies están posesionadas entre esos dos extremos y son consideradas como de comportamiento de búsqueda intermedio (15).

Algunas de las particularidades exhibidas por los NEPs hicieron de estos organismos excelentes ACB, pues son capaces de matar los insectos de forma rápida (48-72 horas), poseen una amplia gama de hospedantes, capacidad de buscar a los insectos en el suelo, criptas y lugares protegidos, posibilidades de ser reproducidos masivamente, formulados y aplicados con

equipos estándares, sin ocasionar daños a mamíferos y otros organismos no diana, así como la excepción de registro de estos organismos en parte del mundo (18, 19).

Numerosos **factores abióticos** impactan en la persistencia de los NEPs, como el tipo de suelo (pH, textura, porcentaje de arcilla/arena, humedad), la región geográfica, altitud, vegetación (especie/cultivar), las prácticas agrícolas, el uso del suelo y su degradación, entre otros (20). Otro factor que afecta a los NEPs son las radiaciones ultravioletas, que impactan negativamente en la supervivencia, virulencia y reproducción (15), por lo que el horario de aplicaciones foliares tiene importantes implicaciones, de ahí que deben hacerse muy temprano en la mañana o al atardecer.

También diversos **factores bióticos** influyen en la eficacia de los NEPs como ACB; pero el pareo de la biología y ecología del nematodo y la plaga diana es, quizás, el elemento crucial para el éxito de las aplicaciones. El apropiado pareo (*o matching*) del nematodo y el insecto incluye la virulencia, la búsqueda del hospedero y la tolerancia ambiental. Si una especie de nematodo no expresa alta virulencia a la plaga diana, hay mínimas oportunidades de éxito; mientras que, las habilidades de búsqueda (estrategias) resultan también factor importante en la eficacia del biocontrol con NEPs (21). Estos elementos ratifican la necesidad de hacer estudios de virulencia de especie/cepa de NEP frente a las plagas (y sus estadios o estados) que se pretenden manejar. En una sesión de este trabajo se resumen los estudios previos desarrollados para el manejo de especies de Thysanoptera con NEPs, en laboratorios, invernaderos y campo.

Ravensberg (22) señaló que los estudios de selección y caracterización de aislados usualmente evalúan infectividad, mortalidad y determinación de dosis letal y, en ocasiones, combinan el desenvolvimiento del aislado ante factores ambientales. Este autor indicó que la selección de NEPs es compleja, pues están involucrados dos organismos, el nematodo y la bacteria. El comportamiento del nematodo es crucial para hallar e invadir el insecto hospedante y la bacteria determina la patogenicidad sobre el mismo. En el caso del manejo de trips, numerosos estudios serán reseñados en este trabajo.

Los NEPs interactúan con diversos organismos en el suelo como virus, hongos, protozoos, y otros nematodos e invertebrados; pueden ser afectados por hongos (como los atrapadores) y ácaros de suelo (15). Sin embargo, se recogen en la literatura estudios que combinan a los NEPs con otros organismos; algunos ejemplos se referirán en este trabajo.

La eficacia de los NEPs como ACB de insectos plagas que actúan en el follaje y el suelo de condiciones de producción (pastizales, viveros, invernaderos, otros) alentaron a numerosas compañías a producir NEPs *in vivo* e *in vitro* (sólidos y líquidos) y formularlos, utilizando diversas especies y poblaciones

(23, 24). Por su parte, las **formulaciones** se dividen en dos grupos, las que contienen JI que mantienen su activo movimiento y las formulaciones donde los JI poseen movilidad reducida (25).

Aplicaciones: Los NEPs se pueden aplicar con casi todos los tipos de equipos de aplicación agrícola, incluyendo las asperjadoras y nebulizadoras, en dependencia del cultivo que se tratará; se debe tener en consideración el volumen, la agitación, el tipo de boquillas, la presión de aplicación, las condiciones ambientales y los patrones de distribución de la aplicación (15).

Otro elemento importante, para tener éxito en el manejo de plagas utilizando NEPs, es la dosis de aplicación pues, aunque solo se necesita que penetre un nematodo al insecto para provocarle la muerte, un número mínimo de individuos debe ser aplicado para lograr un biocontrol efectivo. Como regla general, los NEPs se deben aplicar al suelo en dosis de $2,5 \times 10^9$ JI.ha⁻¹ (= 25 JI.cm⁻²) o superiores; en el caso de plagas muy susceptibles o ambientes controlados como invernaderos, se pueden utilizar dosis inferiores a esas. Mientras que, plagas menos susceptibles o que se encuentran en perfiles profundos del suelo, pudieran requerir dosis superiores (15). En Cuba, diversas dosis de NEPs se sugirieron para el manejo de plagas; sin embargo, resultan escasos los trabajos que comparen dosis e informen su eficacia de manera cuantitativa, aspecto que se debe evaluar para el eficiente uso de NEPs para el manejo de especies de Thysanoptera en campo y casas de cultivo.

Estudios desarrollados relacionados con NEPs - Thysanoptera

Con relación al manejo de los trips, Parrella (26) señaló que el MIP para esos organismos debía incluir diversas tácticas, aun el control biológico. Un reciente estudio bibliométrico (27), enfocado en los enemigos naturales de los trips, reveló que tres grupos de organismos, entomopatógenos, parasitoides y depredadores, tenían potencialidades para el manejo de estas plagas.

Dentro de los entomopatógenos, los NEPs representan un grupo estudiado y utilizado en el mundo y más de un centenar de artículos se encuentran disponibles en diversas bases de datos. Se conoce que los estados de trips que habitan el suelo (prepupas y pupas) de *Frankliniella occidentalis* Pergande, se manejaron con aplicaciones de especies de *Heterorhabditis* y *Steinernema* (28) en invernaderos. Al respecto, se informó que, en Sur África, las especies de *Heterorhabditis* fueron más virulentas sobre los estados habitantes del suelo de esta especie de trips, que las de *Steinernema* (29), lo que evidencia las potencialidades de los NEPs en el manejo de los trips, aspecto que se debe estudiar en Cuba.

A pesar de la abundante literatura que vincula trips y NEPs, y de la eficacia que presentan productos comerciales en el manejo de estas plagas, en Cuba solo aparecen algunas referencias del uso de estos ACB en la producción protegida de hortalizas (30) y las anécdotas de su uso en el manejo de *M. usitatus* por parte de los agricultores de las provincias occidentales Artemisa, Mayabeque y Matanzas (31). Estos elementos ratifican la necesidad de desarrollar estudios de la eficacia de NEPs de diferentes especies/cepas, informadas en Cuba (32), en el manejo de especies de Thysanoptera de importancia agrícola, lo que permitirá ofrecer a decisores los elementos que sugieran la inclusión o no, con criterios científicos, de los NEPs en el manejo de trips.

Los NEPs infectan diferentes tipos de insectos plagas en los suelos, incluyendo formas larvales y pupas, por ser el hábitat natural de los JI. En el caso de los trips se conoce que, generalmente, los estadios de prepupa y pupa transcurren en el suelo (9), lo que representa una oportunidad para el uso de los NEPs en la interrupción del ciclo de vida del insecto. Con relación al manejo de los estados del ciclo biológico de los trips que se encuentran en áreas foliares y flores, también se evaluaron especies/cepas de NEP, combinados o no con adyuvantes, en aplicaciones aéreas, fundamentalmente en invernaderos (33, 34).

La eficacia de los NEPs, como agentes de control biológico, depende, entre otros factores, de la habilidad de los nematodos para localizar, reconocer e invadir al hospedero, así como de la virulencia de la bacteria (35); por ello resulta importante la selección de las cepas más virulentas contra el insecto que se pretende manejar. La evaluación de diferentes NEPs contra numerosos insectos plaga de cultivos agrícolas y de la horticultura generó amplio interés entre trabajadores de protección de plantas (25) y debe ser objeto de mayor número de investigaciones en Cuba.

Con relación a los NEPs, no solo se estudian y aplican, a nivel internacional, los complejos nematodos/bacterias representativos de diferentes especies y cepas, sino que también se exploró el efecto de metabolitos de cepas bacterianas (36) y se encontró que, diversas cepas de *Photorhabdus temperata* causaron alta mortalidad de *F. occidentalis* (79-93 %), después de siete días. Otro estudio demostró el efecto de *Photorhabdus luminescens* sobre ninfas de *T. palmi* (67-80 %), resultando más patogénicas las células libres del sobrenadante (37). Como otra alternativa para el manejo de plagas de Thysanoptera, debería estudiarse en Cuba la posibilidad de producir las bacterias simbiosis de los NEPs en fermentadores y de hacer uso de los metabolitos y toxinas que excretan al medio.

Diversas cepas de NEPs se evaluaron para determinar su eficacia en el control de especies de trips en condiciones experimentales diferentes y representando a las especies *Steinernema feltiae* (Filipjev) (38, 39,

40, 41; 42, 43, 44, 45), *Steinernema yirgalemense* Nguyen *et al.* (46), *Steinernema carpocapsae* (Weiser) Wouts *et al.* (44) y *Heterorhabditis bacteriophora* Poinar (44, 45, 47). En esta revisión se exponen las dosis o concentraciones utilizadas, las condiciones experimentales y los datos de eficacia de los NEPs de una selección de artículos (Tablas 1 y 2), como evidencia de la necesidad de efectuar estudios en Cuba que permitan determinar las dosis de aplicación y otros factores que pudieran contribuir al manejo de poblaciones de *M. usitatus* u otros trips que afectan cultivos como papa (*S. tuberosum*) y hortalizas en el territorio nacional.

En Latinoamérica, cepas de las especies *H. bacteriophora* (48) y *Heterorhabditis amazonensis* Andaló *et al.* (49) se evaluaron en laboratorio para determinar la susceptibilidad de *F. occidentalis*. En Cuba, no se encontraron artículos científicos que avalen el uso de NEPs para el manejo de trips, por lo que resulta necesario acometer estudios que permitan conocer la eficacia de estos organismos en el manejo de estas plagas, las dosis a emplear, la posibilidad de su uso en combinación con otros agentes de control biológico y derivados botánicos, entre otras alternativas que están siendo utilizadas para manejar los trips.

De igual modo, productos comerciales contentivos de especies como *H. bacteriophora* (Larvanem®), *Steinernema carpocapsae* (Weiser) Wouts (Capsanem®), *S. feltiae* (Entonem®) y Nemasys® se evaluaron y/o se utilizan en el manejo de trips en invernaderos y otros sistemas productivos (41, 50).

El efecto de especies/cepas de NEPs se estudiaron en diversas condiciones para el manejo de *F. occidentalis*, *T. tabaci* y *T. palmi*, en los que sobresalió, como nematodo, *S. feltiae*, al ser el ingrediente activo de uno de productos comerciales de uso para manejo de trips, en especial en los invernaderos de Europa y América del Norte. (Tablas 1 y 2).

Los hábitos crípticos de diversas especies de trips, donde los estadios inmaduros y adultos se presentan en flores o espacios protegidos de las plantas; mientras que, las prepupas y pupas, generalmente se encuentran en el suelo y sustratos, hacen necesario evaluar organismos que puedan actuar, a nivel foliar y en el suelo, para su uso en el control biológico de estas plagas en el MIP. Otros aspectos a considerar son la densidad y el patrón de dispersión de la plaga en el campo.

Cuando la presión de la plaga es alta, el uso de un agente biocontrolador, de manera singular, raramente alcanza los niveles de control necesario, por lo que se requiere el uso de químicos suplementarios o de otros enemigos naturales para prevenir el desarrollo de niveles poblacionales dañinos de la plaga (50). Por esta razón, para el manejo de especies de trips, se realizaron estudios donde se combinaron a los NEPs con hongos (39, 40), insectos y ácaros depredadores (50, 56), insecticidas químicos (57), avermectina (58), azadiractina + hongos entomopatógenos (59) y la con-

junción de nematodos parásitos y entomopatógenos (38).

Otieno (60) encontró que los tratamientos combinados de *Steinernema carpocapsae* (Weiser) (Producto comercial Nemastar®), *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) Sorokin cepa ICIPE-69, solución NeemAzal-T, pellets de Neem y liberaciones de *Orius*, resultaron en la reducción total de la emergencia de adultos (95-97 %); acotó que los tratamientos acompañados con la liberación de *Orius* fueron considerados los más exitosos y posibles para el control del *F. occidentalis*.

Otro estudio, desarrollado por Berndt (56), tuvo como objetivo determinar la efectividad de ácaros depredadores (*Hypoaspis* spp.) que habitan en el suelo y los NEPs, como enemigos naturales del *F. occidentalis*. Se evaluaron dos cepas de *H. bacteriophora*, tres de *S. feltiae* y una de *S. carpocapsae* y las cepas produjeron mortalidad en todos los estadios del trips. Tanto las especies de *Hypoaspis* como las cepas de NEPs, pudieron reducir sustancialmente la población de *F. occidentalis*; sin embargo, no fueron capaces de mantener las poblaciones del trips por debajo del umbral económico durante todo el ciclo del cultivo; el autor recomendó utilizar, junto a estos organismos que actúan a nivel del suelo, otros para manejar los estadios del insecto que se encuentran en la parte aérea de las plantas.

Para el manejo de *F. occidentalis*, Saito y Brownbridge (50) evaluaron, en laboratorio, al coleóptero depredador *Dalotia coriaria* (Kraatz), los ácaros depredadores *Stratiolaelaps scimitus* (Womersley) y *Gaeolaelaps gillesspiei* Beaulieu, los hongos entomopatógenos *Metarhizium brunneum* Petch y *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuil. y el nematodo *S. feltiae*. Se determinó que la mortalidad de pupas en los tratamientos donde se incluyó a *S. feltiae* estuvo entre 50 % (*D. coriaria* + *S. feltiae*) y ~70 % (*S. scimitus* + *S. feltiae*), lo que derivó en la reducción de la plaga.

Una investigación desarrollada por Arthurs y Heinz (38) abordó el efecto de aplicaciones foliares de NEPs (*S. feltiae*) y la liberación inoculativa de nematodos parásitos (*Thrypanema nicklewoodi* Siddiqi) sobre la población del trip occidental de las flores (*F. occidentalis*) que afecta crisantemos en invernaderos. Las aplicaciones foliares de NEPs no disminuyeron la población de trips en las hojas; mientras que, *T. nicklewoodi*, se estableció en el invernadero, pero su transmisión fue pobre y la velocidad de la muerte de *F. occidentalis* fue lenta (pues el nematodo lo que ocasiona es esterilización del hospedante).

En Cuba, desde el momento en que *M. usitatus* adquirió la categoría de plaga de los frijoles (*Phaseolus* spp.) se recomendó, en artículos de diversos medios de prensa, el uso de hongos y bacterias entomopatógenas (<http://www.5septiembre.cu/una-pelea-en-cienfuegos-contra-los-demonios-del-frijol/>; [5](http://www.canalcaribe.icrt.cu/como-combatir-la-plaga-que-</p></div><div data-bbox=)

afecta-el-cultivo-de-frijol-en-cuba), productos de origen botánico (<http://www.ahora.cu/es/holguin/7966-alerta-ante-plaga-del-frijol>) y cal (<http://www.trabaja-do.res.cu/20200707/plaga-avisada-no-mata-al-frijol/>). Sin embargo, no se encontraron artículos científicos que ofrezcan valoraciones cuantitativas de la eficacia de los tratamientos que los agricultores están empleando. Teniendo en consideración que también se están utilizando NEPs (31), resulta necesario determinar su compatibilidad con los productos y organismos sugeridos para el manejo del trips de los frijoles en el país.

En diversos estudios, se produjeron diferencias en la patogenicidad de cepas y especies de *Heterorhabditis* y *Steinernema* (54, 61); en particular para el manejo de *F. occidentalis*, pues especies de

Heterorhabditis causan mayor mortalidad (24- 60 %) que las de *Steinernema* (3- 54 %) (28). También factores abióticos pueden influir en la eficacia del tratamiento, pues los NEPs fueron muy virulentos contra larvas de segundo instar tardío y prepupas de *F. occidentalis* bajo condiciones de alta humedad en el suelo, pero menos efectivos contra pupas, cuando las condiciones del suelo fueron más secas (47). Usualmente, los NEPs son más efectivos cuando se aplican con humedad en el suelo, en las tardes o muy temprano en la mañana (62), después de efectuar los riegos.

Por otra parte, dosis de 400 JI/cm² fueron necesarias para obtener alta mortalidad de los estadios de *F. occidentalis* que se encontraban en el suelo; aunque

Tabla 1. Detalles de estudios seleccionados que se desarrollaron en diversas partes del mundo para determinar efecto de especies/cepas de NEP, cuando se aplicaron solas, sobre especies de Thysanoptera utilizando disímiles condiciones experimentales / Details of selected studies performed in diverse places of the world to determine the effect of species/strains of EPNs when they were individually applied on Thysanoptera species under dissimilar experimental conditions

Especie/cepa de nematodo y/o producto comercial	Especie de trips	Planta hospedante del trips	Condiciones del estudio	Dosis o concentraciones	Efecto, eficacia o mortalidad producida	Ref.
	<i>F. occidentalis</i>	Crisantemos (<i>Dendranthema grandiflora</i> Tzvelev)	Invernadero	Aplicación foliar de 1,25; 2,5x10 ³ JI/ml y 1000, / 2 000 L /ha, con intervalos de tres días o aplicaciones combinadas (foliares y suelo)	Control no adecuado cuando las infestaciones iniciales de trips fueron altas	38
<i>S. feltiae</i> (Nemasys®)	<i>T. palmi</i>	Hojas de crisantemo (<i>D. grandiflora</i>)	Laboratorio	5000 JI/ml (~80 JI/cm ²) vs juveniles y adultos	Alta mortalidad, diferente significativamente del control, en juveniles, no así en adultos	40
	<i>F. occidentalis</i>	Crisantemos (<i>D. grandiflora</i>)	Laboratorio	50 JI/cm ² para tratamiento de pupas	Mortalidad > 30 %; significativamente mayor en pupas, no así en adultos	50
	<i>F. occidentalis</i> y <i>T. palmi</i>	Crisantemo (<i>D. grandiflora</i>) cv. 'White Fresco'	Laboratorio (viales con arena)	2000 y 4000 JI x ml y un tratamiento control (agua)	No hubo efecto significativo sobre pupas de <i>T. palmi</i> . La supervivencia de pupas de <i>F. occidentalis</i> , fue significativamente menor en las dos concentraciones, en 61 % y 48 %, respectivamente, comparados con el control	39
<i>S. feltiae</i>	<i>F. occidentalis</i>	Ciclamen o violeta de los Alpes (<i>Cyclamen persicum</i> L.) cv. Halios	Semicampo	250 000 JI/m ²	Disminución significativa del número de trips por flor	42
<i>S. feltiae</i> cepa Tabriz 1 (Irán)	<i>T. tabaci</i>	Frijol (<i>P. vulgaris</i>)	Laboratorio y semicampo	Concentración de 10 ⁴ y 2x10 ⁴ /ml	Alta correlación en la mortalidad en pre-pupas (92 %) y pupas (92,59 %) con 1000 JIs/cm ² de <i>S. feltiae</i> y <i>S. carpocapsae</i> , respectivamente. Menor mortalidad en larvas a 400 JI/cm ² (3,7 %)	52
<i>S. feltiae</i>	<i>T. palmi</i> (juveniles)	Hojas de crisantemo (<i>D. grandiflora</i>)	Laboratorio	80 JI/cm ²	Alta mortalidad de juveniles comparado con el control con agua; no hubo efecto sobre los adultos	40
<i>S. yirgalemense</i>	<i>F. occidentalis</i>	Arándanos (<i>Vaccinium corymbosum</i> L.) var. Dazzle	Túneles de producción comercial	4,3; 8,6 y 17,2 JI/cm ²	Mortalidad de los trips <40 %.	46
<i>S. yirgalemense</i>	<i>F. occidentalis</i>	Arándanos (<i>V. corymbosum</i>) var. Dazzle	Túneles de producción comercial	25, 50 y 100 JI/cm ²	53 % de mortalidad en los trips. La cantidad de trips recobrados en trampas azules aumentó con la disminución de dosis de NEP. El número de insectos fue menor en los tratamientos con NEP en comparación con los controles sin tratamiento	46
<i>Steinernema</i> sp.	<i>F. occidentalis</i>	Claveles (<i>Dianthus caryophyllus</i> L.) cv. Rafflesia, Aragon, Selene y Moon Light	Invernaderos (Sabana de Bogotá).	Aplicaron 10 millones en 60 L por el goteo	Disminuyó significativamente la incidencia de trips en los cultivos y se aumentó la producción de esquejes para comercialización	55
<i>H. amazonensis</i> (cepas LPV 498 y LPV 156)	<i>F. occidentalis</i>	n.i	Laboratorio	-	18-85 % mortalidad	49
<i>H. bacteriophora</i> (cepas, Neuquén; Roca; INTA 11-12 y Biodiversidad)	<i>Frankliniella occidentalis</i>	n.i	Laboratorio	500 JI por placa Petri con cinco individuos	n.i	48

n.i.: no se indica por autores

las dosis de 100-200 JI/cm² ocasionaron entre 30 y 50 % de mortalidad (47).

Premachandra *et al.* (61) indicaron, en su estudio de dosis-respuesta de *H. bacteriophora* (HK3), *S. feltiae* (Nemaplus®) y *H. bacteriophora* (HD01), que la mortalidad de *F. occidentalis* solo se incrementó cuando se aplicaron más de 400 JI/cm². En tanto, se comprobó que dos aplicaciones de *H. bacteriophora* (200 JI/cm²) a los 10 y 15 días posteriores a la liberación de adultos de *F. occidentalis* resultó en un número significativamente menor de insectos, en comparación a cuando se hizo una sola aplicación de 400 JI/cm² (63). Aunque se debe evaluar la factibilidad económica de utilizar las altas dosis, de acuerdo a los resultados de Ebssa *et al.* (64), es posible que las dosis fraccionadas en varias aplicaciones sean efectivas, aspecto a estudiar en Cuba.

En Cuba, resultan escasos los estudios para determinar las dosis/concentraciones de NEPs a utilizar para el manejo de plagas (32) y, en ocasiones, se emiten recomendaciones a los productores sobre las dosis a

utilizar sin contar con elementos científicamente fundamentados, lo que podría resultar en el uso inadecuado de los NEPs, con el consiguiente efecto negativo en la confianza de los agricultores hacia estos eficientes ACB. A pesar de que se efectuaron estudios para establecer la compatibilidad o no de los NEPs con agentes biológicos (65, 66, 67) y productos de origen botánico (68), aún son insuficientes y resultan necesarios más ensayos para las aplicaciones conjuntas de varios organismos y/o sustancias.

No obstante, a pesar de los resultados positivos obtenidos con la aplicación de diversas especies/cepas de NEPs en el manejo de trips, Spanoghe *et al.* (69) señalaron que, en su estudio que tenía como plaga diana a *T. tabaci*, *S. feltiae* no fue infectivo en el control de los estados de vida que habitan el follaje, a pesar de haberse añadido surfactantes en la aplicación de los nematodos. Otro estudio, conducido por Gulzar *et al.* (70), evidenció la habilidad de los NEP de suprimir los estados de *F. fusca* en el suelo. Estos hallazgos refuerzan el hecho de que las aplicaciones al suelo o

Tabla 2. Detalles de estudios seleccionados que se desarrollaron en diversas partes del mundo para determinar efecto de especies/cepas de NEP, cuando se aplicaron varias especies/cepas combinadas, sobre especies de Thysanoptera utilizando disímiles condiciones experimentales / Details of selected studies performed in diverse places of the world to determine the effect of species/strains of EPNs when they were individually applied on Thysanoptera species under dissimilar experimental conditions

Especie/cepa de nematodo y/o producto comercial	Especie de trips	Planta hospedante del trips	Condiciones del estudio	Dosis o concentraciones	Efecto, eficacia o mortalidad producida	Ref.
<i>H. bacteriophora</i> cepa HK3; <i>H. bacteriophora</i> cepa Brecañ; <i>S. feltiae</i> cepa Sylt; <i>S. feltiae</i> cepa OB-SIII; <i>S. feltiae</i> cepa CR <i>S. carpocapsae</i> cepa DD136	<i>Frankliniella occidentalis</i>	n.i	Laboratorio	Ensayo 1: 400 JI/cm ² con sustrato seco y otro con húmedo. Ensayo 2: 100, 200, 400 y 1000 JI/cm ²	Se necesitaron dosis > 400 JI/cm ² para obtener alta mortalidad. Todos los estados fueron susceptibles a NEP. Las cepas difirieron en virulencia	47
<i>H. bacteriophora</i> (BA1) y <i>S. carpocapsae</i> (BA2) (Cepas egipcias) y una cepa foránea comercial de <i>S. feltiae</i> (formulado: alginato de calcio)	<i>Thrips tabaci</i>	Cebolla	Sistema acuapónico	Aspersión de las plantas con 2 x 10 ⁴ JI x planta	Los NEPs causaron mortalidad altamente significativa. Hubo diferencias entre las cepas, en cuanto a la mortalidad	44
<i>Steinernema feltiae</i> ceoa Hamedan 1 (H1) (Iran), <i>H. bacteriophora</i> (Larvaneem®) y <i>S. carpocapsae</i> (Capsanem®)	<i>Thrips tabaci</i>	Hojas de pino (<i>Cucumis sativa</i> L. var. Negeen)	Laboratorio	4000, 6000, 8000 y 10,000 JI/ml contra L2, prepupa y pupa	Mortalidad mayor en prepupa (62 %) que en L2 (12,5 %) ocasionada por <i>H. bacteriophora</i> y <i>S. carpocapsae</i> , respectivamente. Incremento de la concentración, aumentó la mortalidad en L2	41
<i>S. feltiae</i> y <i>H. bacteriophora</i>	<i>Hercinothrips femoralis</i> (Reuter)	frijoles	Laboratorio	200 JI por individuo (larva o adulto)	Mortalidad de 23 % (<i>S. feltiae</i> a 25°C) y 50 % (<i>H. bacteriophora</i> a 15 y 25°C)	53
<i>Heterorhabditis indica</i> Poinar <i>et al.</i> (cepa EGAZ3); <i>H. indica</i> (cepa EGAZ2); <i>H. bacteriophora</i> (cepa HP88); <i>S. carpocapsae</i> (cepa All); <i>S. carpocapsae</i> (cepa EGAZ9); <i>S. carpocapsae</i> (cepa BA2)	<i>T. tabaci</i>	Cebolla (<i>Allium cepa</i> L.)	Campo	Concentraciones evaluadas de 10,000, 15,000, y 20,000 JI/ml, combinadas con una formulación de Tween 80 (0,1 %) para maximizar la eficacia en el cubrimiento de las hojas de cebolla	Diferencias en la patogenicidad de las cepas. Aplicaciones foliares más eficaces vs adultos y ninfas. <i>H. indica</i> (EGAZ3) causó gran reducción de adultos y ninfas (concentración de 10 ⁴ JI/ml)	54

n.i: no se indica por autores

sustratos serán más eficaces que las que se efectúen en el follaje.

Para el manejo de trips, en especial de *M. usitatus*, se deberán efectuar estudios básicos en laboratorio utilizando las especies/cepas disponibles en el país para determinar la susceptibilidad de estadios de este insecto a esos organismos. De igual modo, resulta imprescindible efectuar ensayos de compatibilidad de las especies/cepas con otros agentes de control biológico y productos de origen botánico/químicos, en diferentes niveles de investigación, hasta llegar a fase de estudios de campo, para poder lograr un manejo efectivo de las poblaciones de *M. usitatus*, pues se señaló, en algunos estudios, que los NEP, de manera independiente, no fueron capaces de disminuir las poblaciones y el daño de los trips (38, 43). Además, se deben acometer investigaciones relacionadas con el establecimiento de dosis, momento y frecuencia de las aplicaciones de los NEPs para su incorporación al MIP de *M. usitatus* en las condiciones de cada región en Cuba, así como para trips que afectan cultivos como la papa y las hortalizas.

Esos estudios deberán ser emprendidos de manera interdisciplinaria y multinstitucional, para llegar, lo antes posible, a resultados que permitan ofrecer alternativas científicamente fundamentadas a los agricultores, evidenciando que la ciencia cubana es una sola, en el marco del Plan de Soberanía y Seguridad Alimentaria, más allá de la necesidad de protagonismos individuales o de colectivos. Tales investigaciones deben tener como base estudios de factibilidad económica de cada alternativa y programa de manejo y su contextualización en cada zona, donde los aspectos biogeográficos, sociológicos y económicos gravitan, de manera diferente, sobre la producción de frijoles, papa y hortalizas, entre otros cultivos afectados por especies del Orden Thysanoptera.

El futuro, enmarcado en el Cambio Climático y el calentamiento global, provoca preocupaciones en todo el mundo, pues se espera un incremento en las poblaciones de insectos que transmiten enfermedades (como los trips) y la reducción de la efectividad del control biológico (71), lo que implica la investigación cooperada (y urgente) para establecer tácticas adecuadas (efectivas/económicas) para el manejo de plagas.

AGRADECIMIENTOS

A las Doctoras Belkis Peteira y Moraima Suris por la revisión del trabajo y las valiosas sugerencias que contribuyeron a mejorarlo. Este estudio se realizó en el marco del proyecto “Pronóstico de la distribución de las principales plagas de *Solanum tuberosum* L. en correspondencia con el desarrollo del cultivo en escenarios climáticos futuros”, perteneciente al Programa Nacional de Mitigación y Adaptación al cambio climático en Cuba.

REFERENCIAS

1. Capinera JL. Order Thysanoptera - Thrips. Handbook of Vegetable Pests. Second Edition. Academic Press. Elsevier Inc. 2020:581-600. ISBN 978-0-12-814488-6
2. Suris M. Actualización de la fauna de tisanópteros en Cuba. Rev. Protección Veg. 2021;36(No. Especial):31-32.
3. Castillo-Reyes N, Delgado-Álvarez A, Mirabal-Acosta L, González-Muñoz C. Abundancia y frecuencia relativa de la comunidad de insectos fitófagos asociada al cultivo del frijol. Rev. Protección Veg. 2021;36(No. Especial):68.
4. Elizondo AI, Milán M, Tejeda M, Rojas P. *Nesidiocoris tenuis* Reuter (Hemiptera: Miridae) como agente de control biológico de trips en el cultivo de la papa *Solanum tuberosum* L. en Cuba. Rev. Protección Veg. 2021;36(No. Especial):65
5. Elizondo AI, Murguido CA, Rodríguez P, González C, Suris M. *Megalurothrips usitatus* (Bagnall) (Thysanoptera: Thripidae), plaga emergente en el cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.); sus daños en Cuba. Rev. Protección Veg. 2021;36(2):1-5.
6. Bethke A, Dreistadt SH, Varela LG, Phillips PA, O'Donnell CA. Thrips. Integrated Pest Management for Home Gardeners and Landscape Professionals. Pest Notes. 2014; Publication 7429: 1-8. Disponible en: <http://ipm.ucanr.edu/PDF/PESTNOTES/pnthrips.pdf>. Acceso: 7enero 2022.
7. Kumar V, Kakkar G, Palmer CL, McKenzie CL, Osborne LS. Thrips Management Program for Horticultural Crops. ENY-987. Department of Entomology and Nematology, UF/IFAS Extension. Original publication date September. 2016:8pp.
8. Stock SP. Diversity, biology and evolutionary relationships. In Nematode Pathogenesis of Insects and Other Pests - Ecology and Applied Technologies for Sustainable Plant and Crop Protection; Campos-Herrera, R., Ed.; Springer: Cham, Switzerland; Heidelberg, Germany; New York, NY, USA; Dordrecht, The Netherlands; London, UK. 2015:3-28.
9. Suris M. *Megalurothrips usitatus* Bagnall (Thysanoptera: Thripidae), plaga emergente del cultivo del frijol: Revisión Bibliográfica. Rev. Protección Veg. 2021;36(2):1-8 <https://eqrcod.e.co/a/WpfR7J>
10. Rodríguez MG. Potencialidades de grupos de nematodos para el manejo de plagas del orden Thysanoptera. I: Parásitos. Rev. Protección Veg. 2022;37(1):12pp. <https://cu-id.com/2247/v37n1e05>

11. Márquez ME, Vázquez LL, Rodríguez MG, Ayala JL, Fuentes F, Ramos M, *et al.* Biological control in Cuba. En: Van Lenteren, VHP Bueno, MG Luna, YC Colmenarez (Eds). Biological control in Latin America and the Caribbean: Its rich history and bright future. CABI Invasives Series. 2020:176-193. ISBN: 978 1789 2424 47
12. Shapiro-Ilan DI, Hiltbold I, Lewis EE. Nematodes. En Hajek AE, Shapiro-Ilan D. (Eds). Ecology of Invertebrate Diseases First Ed. John Wiley & Sons Ltd. Hoboken, NJ, USA. 2018:414-440.
13. Lewis EE, Clarkey DJ. Nematode Parasites and Entomopathogens. En Fernando E. Vega & Harry K. Kaya (Eds.). Insect Pathology. Second Edition. Academic Press. Amsterdam- Boston - Heidelberg - London - New York - Oxford - Paris - San Diego - San Francisco - Singapore - Sydney - Tokyo. 2012:393-424. ISBN: 978-0-12-384984-7
14. Campos-Herrera R. (Ed). Nematode Pathogenesis of Insects and Other Pests-Ecology and Applied Technologies for Sustainable Plant and Crop Protection; Springer: Cham, Switzerland; Heidelberg, Germany; New York, NY, USA; Dordrecht, The Netherlands; London, UK. 2015:531pp.
15. Shapiro-Ilan D, Hazir S, Glazer I. Basic and Applied Research: Entomopathogenic Nematodes. Microbial Control of Insect and Mite Pests. En Lawrence A. Lacey (Ed.). Microbial Control of Insect and Mite Pests. From Theory to Practice. 2017. Elsevier inc. Academic Press. Elsevier Inc. Amsterdam, Boston, Heidelberg, London, New York, Oxford, Paris, San Diego, San Francisco, Singapore, Sydney, Tokyo. 2017:91- 05. ISBN: 978-0-12-803527-6. <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-803527-6.00006-8>
16. Hazir S, Kaya H, Mustapha T, Harun Ç, Shapiro-Ilan D. Basic laboratory and field manual for conducting research with the entomopathogenic nematodes, *Steinernema* and *Heterorhabditis*, and their bacterial symbionts. Turkish Jour. Zoology. 2022;46(4):49pp. <https://doi.org/10.55730/1300-0179.3085>
17. Hussaini SS, Rajeshwari R. Potential of Entomopathogenic Nematodes. En Rajeshwari R & Vikram Appanna (Eds.). Biopesticides in Horticultural Crops. CRC Boca Raton & Francis Press London Group New York. Narendra Publishing House. 2022:80- 99.
18. Lacey LA, Georgis R. Entomopathogenic nematodes for control of insect pests above and below ground with comments on commercial production. J Nematol. 2012;44:218-225.
19. Lacey LA, Grzywacz D, Shapiro-Ilan DI, Frutos R, Brownbridge M, Goettel MS. Insect pathogens as biological control agents: back to the future. J Invertebr Pathol. 2015;132:1-41.
20. Lazarova S, Coyne D, Rodríguez MG, Peteira B, Ciancio A. Functional Diversity of Soil Nematodes in Relation to the Impact of Agriculture - A Review. Diversity. 2021;13(64). <https://doi.org/10.3390/d13020064>
21. Miles C, Blethen C, Gaugler R, Shapiro-Ilan D, Murray T. Using Entomopathogenic Nematodes for Crop Insect Pest Control. A Pacific Northwest Extension on Publication. PNW 544. Washington State University; Oregon State University; University of Idaho. 2012:9pp.
22. Ravensberg WJ. A Roadmap to the Successful Development and Commercialization of Microbial Pest Control Products for Control of Arthropods, Progress in Biological Control 10. Springer Science+Business Media B.V. 2011. https://doi.org/10.1007/978-94-007-0437-4_2
23. Saleh MME, Hala MSM, Abonaem M. Commercialization of biopesticides based on Entomopathogenic Nematodes. En: El-Wakeil N, Saleh M, Abu-hashim M (Eds). Cottage Industry of biocontrol agents and their applications. Practical Aspects to deal Biologically with Pests and Stresses Facing Strategic Crops Springer Nature Switzerland. 2020. 253-275. ISBN 978-3-030-33161-0 (eBook). <https://doi.org/10.1007/978-3-030-33161-0>
24. Nagesh M, Askary TH, Manohar B, Aracalagud NS, Rajan. Strategies for making entomopathogenic nematodes cost-effective biological control agents. En: Biocontrol agents Entomopathogenic nematodes and slug parasitic nematodes. Abd-Elgawad MMM, Asky TH, Coupland J. (Eds.). CAB International: Oxfordshire, UK; Boston, USA. 2017:596-611.
25. Pervez R, Eapen SJ. Entomopathogenic Nematodes: An emerging biocontrol agent for insect pest management. En: Anwer A (Ed). Biopesticides and Bioagents. Novel tools for pest management. 2018:181-208. Apple Academic Press Inc. ISBN: 13: 978-1-315-36555-8 (eBook).
26. Parrella MP. IPM - Approaches and Prospects. En: Parker BL, Skinner M, Lewis T (Eds.). Thrips. Biology and Management. NATO ASI Series. Springer Science+Business Media, LLC. 1993:357-362. <https://doi.org/10.1007/978-1-4899-1409-5>
27. Stopar K, Trdan S, Bartol T. Trips and natural enemies through text data mining and visualization. Plant Protection Science. 2021;57(1):47-58 <https://doi.org/10.17221/34/2020-PPS>
28. Koppenhöfer A, Shapiro-Ilan DI, Hiltbold I. Entomopathogenic Nematodes in Sustainable Food Production Frontiers in Sustainable Food

- Systems. 2020;4(article 125):14pp. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.00125>.
29. Platt T, Stokwe NF, Malan AP. A Review of the Potential Use of Entomopathogenic Nematodes to Control Above-Ground Insect Pests in South Africa. *S. Afr. J. Enol. Vitic.* 2020;41(1):1-16. <https://doi.org/10.21548/41-1-2424>.
 30. Almandoz J, Fernández E, González G, Casanueva K, Baró Y, Porras A, *et al.* Análisis de la utilización de agentes de control biológico en los sistemas de cultivos protegidos en Cuba. *Fitosanidad.* 2016;20(1):45-51.
 31. Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal (INISAV). Recorrido en provincias del país para evaluar la situación sobre el trips de las flores del frijol *Megalurothrips usitatus* (Bagnall) (*noticia en web*). Disponible en <https://www.inisav.cu> (actualizado el 1 del 12 del 21). Consulta el 14 febrero 22.
 32. Rodríguez MG. Entomopathogenic nematodes in Cuba: From laboratories to popular biological control agents for pest management in a developing country. En: Campos-Herrera R (Ed). *Nematode Pathogenesis of Insects and Other Pests - Ecology and Applied Technologies for Sustainable Plant and Crop Protection*; Springer: Cham, Switzerland; Heidelberg, Germany; New York, NY, USA; Dordrecht, The Netherlands; London, UK, 2015:343-364.
 33. Wardlow L R , Piggott S, Goldsworthy R. Foliar application of *Steinernema feltiae* for the control of flower thrips. *Meded Rijksuniv Gent Fak Landbouwkd Toegep Biol Wet.* 2001;66(2a):285-91.
 34. Wraight SP, Lopes RB, Faria M. Microbial control of mite and insect pests of greenhouse crops. En: Lacey LA (Ed.). *Microbial Control of Insect and Mite Pests*, Elsevier. Amsterdam. 2017:237-252. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803527-6.00016-0>.
 35. Griffin CT, Boemare N E, Lewis E E. Biology and behaviour. En: P. Grewal, R.-U. Ehlers & D. I. Shapiro-Ilan (Eds.). *Nematodes as Biocontrol Agents*. CABI. Wallingford. 2005:47-64.
 36. Gerritsen JM, Georgieva J, Wiegers GL. Oral toxicity of *Photorhabdus* toxins against thrips species. *Jour. Invertebrate Pathol.* 2005;88: 207-211.
 37. Uma GP, Prabhuraj A, Vimala A. Bioefficacy of *Photorhabdus luminescens*, a symbiotic bacterium against *Thrips palmi* Karny (Thripidae: Thysanoptera). *Journal of Biopesticides.* 2010;3(2): 458-462.
 38. Arthurs S, Heinz KM. Evaluation of the nematodes *Steinernema feltiae* and *Thripinema nicklewoodi* as biological control agents of western flower thrips *Frankliniella occidentalis* infesting chrysanthemum. *Biocontrol Science and Technology.* 2006;16(2):141-155.
 39. Smith RM, Cuthbertson AGS, Walters KFA. Extrapolating the use of an entomopathogenic nematode and fungus as control agents for *Frankliniella occidentalis* to *Thrips palmi*. *Phytoparasitica.* 2005;33(5):436-440.
 40. North JP, Cuthbertson AGS, Walters KFA. The efficacy of two entomopathogenic biocontrol agents against adult *Thrips palmi* (Thysanoptera:Thripidae). *Jour. Invertebrate Pathol.* 2006;92:89-92.
 41. Saffaria T, Hossein M, Javad Ki. Pathogenicity of three entomopathogenic nematodes against the onion thrips, *Thrips tabaci* Lind. (Thys.; Thripidae). *Archives of Phytopathology and Plant Protection.* 2013;46(20):2459-2468, <http://dx.doi.org/10.1080/03235408.2013.797158>.
 42. Boaria A. Biological and integrated control of *Frankliniella occidentalis* (Pergande) on ornamentals in the northeastern Italy. [PhD Thesis]. Università degli Studi di Pavoda. Department of Agronomy, Food, Natural Resources, Animals and the Environment. 2014:219pp.
 43. Renkema J, Evans B, Devkota S. Management of flower thrips in Florida strawberries with *Steinernema feltiae* (Rhabditida: Steinernematidae) and the insecticide sulfoxaflor. *Florida Entomologist.* 2018;101(1):102-108.
 44. Huseein MA, El-Mahdi FS. Efficiency of three formulated entomopathogenic nematodes against the greenhouse onion thrips, *Thrips tabaci* under aquaculture system. *Journal of Biopesticides.* 2019;12(1):134-138.
 45. Gulzar S, Wakil W, Shapiro-Ilan DI. Combined Effect of Entomopathogens against *Thrips tabaci* Lindeman (Thysanoptera Thripidae): Laboratory, Greenhouse and Field Trials. *Insects.* 2021;12(456):7pp. <https://doi.org/10.3390/insect1205045>.
 46. Dlamini TM, Allsopp E, Malan AP. Application of *Steinernema yirgalemense* to control *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) on blueberries. *Crop Protection.* 2022; 128: 105016. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2019.105016>.
 47. Ebssa L, Borgemeister C, Berndt O, Poehling HM. Efficacy of entomopathogenic nematodes against soil-dwelling life stages of Western Flower Thrips, *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae). *Jour. Invertebrate Pathol.* 2001;78:119-127. <https://doi.org/10.1006/jipa.2001.5051>.
 48. Giayetto AL, Cichón LI. Distribución, gama de huéspedes y especificidad de cinco poblaciones de *Heterorhabditis bacteriophora* (Nematoda:

- Heterorhabditidae) del Alto Valle de Río Negro y Neuquén, Argentina. RIA. 2006;35:163-183.
49. San-Blas E, Rosales C, Torres A. Entomopathogenic nematodes in tropical agriculture: current uses and their future in Venezuela. En: Campos-Herrera, R. (Ed.). Nematode Pathogenesis of Insects and Other Pests - Ecology and Applied Technologies for Sustainable Plant and Crop Protection. Springer, Cham. 2015:365-389.
 50. Saito T, Brownbridge M. Compatibility of soil-dwelling predators and microbial agents and their efficacy in controlling soil-dwelling stages of western flower thrips *Frankliniella occidentalis*. Biological Control. 2016;92:92-100 <http://dx.doi.org/10.1016/j.biocontrol.2015.10.003>.
 51. Saffaria T, Madadia H, Karimi J. Pathogenicity of three entomopathogenic nematodes against the onion thrips, *Thrips tabaci* Lind. (Thys.; Thripidae). Archives of Phytopathology and Plant Protection, 2013;46(20):2459-2468, <http://dx.doi.org/10.1080/03235408.2013.797158>.
 52. Kashkouli M, Khajehali J, Poorjavand N. Impact of entomopathogenic nematodes on *Thrips tabaci* Lindeman (Thysanoptera: Thripidae) life stages in the laboratory and under semi-field conditions. J Biopest. 2014;7(1):77-84.
 53. Trdan S, Kužnik L, Vidrih M. First results concerning the efficacy of entomopathogenic nematodes against *Hercinothrips femoralis* (Reuter). Acta agriculturae Slovenica. 2007;89(1):5-13.
 54. Azazy AM, Abdelall MFM, El-Sappagh IA, Khalil AEH. Biological control of the onion thrips, *Thrips tabaci* Lindeman (Thysanoptera: Thripidae), in open fields using Egyptian entomopathogenic nematode isolates. Egyptian Jour. Biological Pest Control. 2018;28(27). <http://dx.doi.org/10.1186/s41938-017-0025-9>.
 55. García PD, Cuervo WJ. Nematode of the genus *Steinernema* sp. as a possible controller of *Frankliniella occidentalis* in the propagation of cuttings of four standard carnation cultivars in the savanna of Bogotá. Centrosur. 2021;1(9): 74-81.
 56. Berndt O. Entomopathogenic nematodes and soil-dwelling predatory mites: Suitable antagonists for enhanced biological control of *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae)? [PhD Thesis]. Von dem Fachbereich Gartenbau der Universität Hannover. 2003. 140 pp.
 57. Kashkouli M, Poorjavand N, Khajehali J. Combination of entomopathogenic nematodes and chemical insecticides for controlling the onion thrips, *Thrips tabaci* (Thysanoptera: Thripidae) in the laboratory condition. Appl. Ent. Phytopath. 2017;84(2):1-9. <http://dx.doi.org/10.22092/jaep.2017.107591>.
 58. Trdan S, Znidarcic D, Vidrih M. Control of *Frankliniella occidentalis* on glasshouse-grown cucumber: an efficacy comparison of foliar application of *Steinernema feltiae* and spraying with abamectin. Russian Jour. Nematology. 2007;15(1):25-34.
 59. Otieno JA, Pallmann P, Poehling H-M. The combined effect of soil-applied azadirachtin with entomopathogens for integrated management of western flower thrips. Jour. Applied Entomology. 2015;28pp. <http://dx.doi.org/10.1111/jen.12242>.
 60. Otieno JA. Integration of soil-applied azadirachtin with predators, entomopathogens and optical/chemical traps for the management of western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* Pergande (Thysanoptera: Thripidae). [PhD Thesis]. Leibniz Universität Hannover. 2016:130pp.
 61. Premachandra DWTS, Borgemeister C, Berndt O, Ehlers R-U, Poehling H-M. Laboratory bioassays of virulence of entomopathogenic nematodes against soil-inhabiting stages of *Frankliniella occidentalis* Pergande (Thysanoptera: Thripidae). Nematology. 2003;5(4):539-547.
 62. Woldemelak WA. The major biological approaches in the integrated pest management of onion thrips, *Thrips tabaci* (Thysanoptera: Thripidae). Jour. Horticultural Research. 2020;28(1):13-20. <http://dx.doi.org/10.2478/johr-2020-0002>.
 63. Belay D, L Ebssa, C Borgemeister. Time and frequency of applications of entomopathogenic nematodes and their persistence for control of western flower thrips *Frankliniella occidentalis*. Nematology. 2005;7(4):611-622.
 64. Ebssa L, Borgemeister C, Poehling HM. Effectiveness of different species/strains of entomopathogenic nematodes for control of western flower thrips (*Frankliniella occidentalis*) at various concentrations, host densities and temperatures. Biol. Control. 2004;29:145-154. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S1049-9644\(03\)00132-4](http://dx.doi.org/10.1016/S1049-9644(03)00132-4).
 65. Sánchez L, Rodríguez MG. Potencialidades de *Heterorhabditis bacteriophora* Poinar cepa HC1 para el manejo de *Hypothenemus hampei* FerrII. Compatibilidad con *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin y endosulfan. Rev. Protección Veg. 2008;23(2):104-111.
 66. González E, Enrique R, Rodríguez MG. Compatibility between *Heterorhabditis bacteriophora* Poinar strain HC1 and *Lecanicillium lecanii* Zare & Gams strain Verticen-01 under laboratory conditions. Rev. Protección Veg. 2012;27(3):214.

67. Casanova Y, Díaz M, Naranjo F, Álvarez JF, Barroso G, Albuernes F, *et al.* Evaluación de las potencialidades parasíticas de *Tetrastichus howardi* (Olliff) y efectividad combinada con *Heterorhabditis bacteriophora* contra *Plutella xylostella* Lin. en col. Congreso Científico del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA). 2010. CD ISBN: 978-959-7023-48-7.
68. Pino O, Roselló D, Peteira B, Enrique R, Miranda I, Rodríguez MG. Efecto de aceites esenciales y componentes seleccionados sobre *Heterorhabditis amazonensis* Andaló *et al.* cepa HC1. Rev. Protección Veg. 2021;36(1):12pp. <https://eqrcode.co/a/q1TgcG>.
69. Spanoghe BPB, Moens M, Pollet S, Temmerman F, Nuyttens D. Foliar applied entomopathogenic nematodes *Steinernema feltiae* are not suitable for controlling *Thrips tabaci* in leek. Bulletin of Insectology. 2015;68(2):287-298.
70. Gulzar S, Usman M, Wakil W, Wu Si, Oliveira-Hofman C, Srinivasan R, *et al.* Virulence of Entomopathogenic Nematodes to Pupae of *Frankliniella fusca* (Thysanoptera: Thripidae). Journal of Economic Entomology. 2021;1-6. <http://dx.doi.org/10.1093/jee/toab132>.
71. Skendžic S, Zovko M, Živkovic I, Lešic V, Lemic D. The impact of climate change on agricultural insect pests. Insects. 2021;12(440). <https://doi.org/10.3390/insects1205044>

Conflicto de intereses: La autora declara que no posee conflicto de intereses.

Contribución de la autora: Mayra G. Rodríguez Hernández: **Conceptualización, investigación, Escritura - borrador original, Redacción: revisión y edición.**

Este artículo se encuentra bajo licencia [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional \(CC BY-NC 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)