

Potencialidades de grupos de nematodos para el manejo de plagas del orden Thysanoptera. I: Parásitos



CU-ID: 2247/v37n1e05

Potentialities of groups of nematodes for management of Thysanoptera order pests: I: Parasites

Mayra G. Rodríguez Hernández*

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

RESUMEN: El objetivo de esta revisión, dividida en dos partes, fue resumir las principales investigaciones desarrolladas en torno a las relaciones trips-nematodos; esta primera parte está dedicada a los estudios realizados en nematodos parásitos obligados de especies de trips. Las especies de nematodos *Thripinema aptini* Sharga, *Thripinema reniraoi* Siddiqi, *Thripinema nicklewoodii* Siddiqi, *Thripinema fuscum* Tipping *et al.* y *Tripinema khrustalevi* Chizhov *et al.*, se encontraron parasitando a diversas especies de Thysanoptera. Los nematodos disminuyen la alimentación de los insectos hospederos, su capacidad de producir progeñe, modificando el sistema reproductor del hospedero y, en ciertas especies de trips, reduce la capacidad de transmisión de virus como TSVW. Estos nematodos, con ciclos de vida muy cortos, cuya extensión varía en función de las temperaturas, produjeron diferentes porcentajes de parasitismo natural en campos de, al menos, siete países. Se evaluaron métodos de reproducción *in vivo* de especies de *Thripinema* y se desarrollaron estudios de bioecología de diversas especies. Se destacó, por parte de diversos investigadores, la posibilidad de utilizar estos organismos en programas de manejo integrado de trips, así como la necesidad de incrementar los estudios de sistema trips-nematodos, pues aún resultan insuficientes las investigaciones cuyos resultados permitan el uso de *Thripinema* spp., a través de liberaciones inoculativas.

Palabras Clave: *Aptinothrips*, control biológico, *Frankliniella*, *Megalurothrips*, *Scirtothrips*, *Taeniothrips*, *Thripinema*, *Thrips*.

ABSTRACT: The objective of this article review, divided in two parts, was to summarize the main research carried out on thrips-nematode relationships, and this first part is concerned with the studies conducted on obligate parasitic nematodes of thrips species. The nematode species *Thripinema aptini* Sharga, *Thripinema reniraoi* Siddiqi, *Thripinema nicklewoodii* Siddiqi, *Thripinema fuscum* Tipping *et al.*, and *Tripinema khrustalevi* Chizhov *et al.* were found parasitizing diverse species of Thysanoptera. Nematodes reduce feeding of the insect hosts and their ability to produce progeny, modifying their reproductive system. In certain species of thrips, their ability to transmit viruses such as TSWV is reduced. These nematodes, with very short life cycles, whose extension depends on temperature, produced different percentages of natural parasitism in fields of, at least, seven countries. *In vivo* reproduction methods of *Thripinema* species were evaluated, and the bioecology of some species were studied. The possibility of using these organisms in integrated thrips management programs was highlighted by several researchers, and so was the need for increasing the studies of the thrips-nematodes system because of the insufficient research results allowing the use of *Tripinema* spp. in inoculative releases.

Key Words: *Aptinothrips*, biological control, *Frankliniella*, *Megalurothrips*, *Scirtothrips*, *Taeniothrips*, *Thripinema*, *Thrips*.

INTRODUCCIÓN

Los trips (Orden Thysanoptera) son insectos muy pequeños (1-2 mm de longitud) con aparatos bucales que perforan el tejido vegetal y succionan la savia; sin embargo, con frecuencia, esos aparatos se describen como raspantes, en lugar de perforadores-chupadores. Su desarrollo se refiere como incompleto, donde los dos estadios ninfales (larvales), generalmente, se parecen a los adultos en su forma corporal, aunque son de menor tamaño y sin alas desarrolladas. Estos insectos se pueden encontrar en el follaje y las flores de forma gregaria, produciendo gran destrucción en los órganos donde se alimentan; adicionalmente, poseen la capacidad de transmitir virus fitopatógenos (1). Están diseminados por todo el mundo y predominan en zonas tropicales; se describieron unas 5000 especies, pero solo unos pocos centenares son plagas agrícolas (2).

En Cuba se informaron, hasta 2019, unas 136 especies del Orden Thysanoptera, ubicadas en cinco familias y 66 géneros (3), y especies como *Thrips palmi* (Karny), *Frankliniella tritici* (Ficth), *Frankliniella schultzei* (Trybom), *Frankliniella insularis* (Franklin) y *Thrips tabaci* (Lindeman) se encontraron afectando diversos cultivos de importancia económica y de seguridad alimentaria en el país, entre ellos papa (*Solanum tuberosum* L.) y frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) (4, 5). Sin embargo, una nueva especie de trips, *Megalurothrips usitatus* (Bagnall) (6), afecta actualmente la producción de frijoles en Cuba, por lo que constituye objeto de estudios orientados a lograr el manejo de sus poblaciones y la disminución de su nocivo impacto en los sistemas agrícolas.

El diminuto tamaño de los trips y sus hábitos crípticos hacen difíciles su detección (en campo o material vegetal) (2).

*Correspondencia a: Mayra G. Rodríguez Hernández. E-mail: mriguez@censa.educ.cu

Recibido: 7/1/2022

Aceptado: 25/1/2022

Otras características como la de ovopositar en el tejido vegetal y el hecho de que diversas poblaciones poseen altos niveles de resistencia a insecticidas, hicieron que Parella (7) señalara que el Manejo Integrado de Plagas (MIP) para estos organismos debía incluir tácticas culturales, físicas, mecánicas, biológicas, químicas, la resistencia de plantas hospedantes y medidas reglamentarias/cuarentenarias.

Con relación al uso de alternativas biológicas, un estudio bibliométrico reciente (8), enfocado en los enemigos naturales de los trips y que utilizó como fuentes de datos los trabajos publicados en revistas contenidas en la web de las ciencias, mostró que, un tercio de los artículos publicados, se refirieron al control biológico.

En el marco de estudios encaminados al control biológico con el uso de nematodos, se constata en la literatura que las investigaciones de las relaciones que se establecen entre nematodos y trips se desarrollaron, a escala mundial, desde hace décadas. Se conoció la existencia de dos grupos de nematodos que, con diferentes hábitos, ciclos biológicos y modos de acción sobre estos insectos, tienen impacto en las poblaciones de Thysanoptera. En uno de los dos grupos, las especies descritas son parásitos que actúan como enemigos naturales; mientras que, el segundo, está compuesto por especies/cepas de nematodos entomopatógenos (NEP) que se utilizan en el control biológico por aumento.

El objetivo de esta revisión, dividida en dos partes, fue resumir las principales investigaciones desarrolladas en torno a las relaciones trips-nematodos; esta primera parte está dedicada a los estudios realizados en nematodos parásitos obligados de especies de trips.

PARTE ESPECIAL

***Thripinema*: Nematodos parásitos obligados de especies de diferentes géneros del orden Thysanoptera**

Los nematodos del género *Thripinema* son parásitos de trips, denominados por algunos autores como “nematodos entomofílicos” (9), lo que significa que poseen afinidad con insectos. El primer informe relacionado con la existencia de nematodos parasitando trips se produjo en Europa, hacia finales del siglo XIX, cuando Uzel halló estos organismos en *Thrips physophus* L. (9, 10). Loomers *et al.* (11), en una detallada compilación de artículos, expusieron una cronología de los hallazgos de trips parasitados por nematodos desde inicios del siglo XX, acotando que los artículos carecieron de muchos detalles; sin embargo, se distinguía el hecho de que la presencia de nematodos en el interior de los insectos causaba esterilidad en las hembras del hospedero.

Los nematodos que se encontraron parasitando trips se ubican, en la actualidad, en el género *Thripinema*

(=*Howardula*), establecido por Siddiqi a mediados de los años 80s del siglo XX (12), dentro del Orden Tylenchida y la Familia Allantonematidae. Ese autor señaló que los hospederos de *Thripinema* son géneros (y especies) del Orden Thysanoptera como *Aptinothrips*, *Frankliniella*, *Megalurothrips* y *Taeniothrips*. La etimología del nombre del género utiliza el prefijo que proviene de la familia hospedera *Thripidae* y nema, de nematodo (12).

En la información consultada, se hallaron referencias que sugieren la existencia de, al menos, cinco especies de este género, denominadas *Thripinema aptini* Sharga (identificada inicialmente por el autor como *Tylenchus aptini*), *Thripinema reniraoi* Siddiqi, *Thripinema nicklewoodii* Siddiqi, *Thripinema fuscum* Tipping *et al.* y *Thripinema khrustalevi* Chizhov *et al.* (10, 12, 13, 14, 15). (Tabla 1)

En la India, se identificó un nematodo parásito de Thysanoptera como *Howardula aptini* (Sharga) Wachek, (Synonym: *Tylenchus aptini* Sharga), en el interior de insectos adultos, en unas siete villas del distrito de Andhra Pradesh (16). Sin embargo, Siddiqi (12), que estableciera a *Thripinema reniraoi* como especie tipo del género, señaló la existencia de la especie *Thripinema aptini* (Reddy *et al.*) e indicó que era sinónimo de *Howardula aptini*. De ahí que, en la Tabla 1 se exponen, asociados a *T. aptini*, los datos contemplados en los estudios de diversos autores (10, 16, 17).

Según Siddiqi (12) y Stock y Hunt (15), la presencia de **hembras infestivas**, que tienen el cuerpo recto o ligeramente curvado ventralmente cuando están relajadas, es un elemento distintivo del género *Thripinema*. Poseen la cutícula finamente estriada y la región labial moderadamente esclerotizada. El estilete fuerte y sin cabezas basales (excepto en *T. khrustalevi*). Los orificios de las glándulas dorsal esofágica y subventral están situados a 2,6-3 μm y 3-3,6 μm del estilete, respectivamente. El esófago es fusiforme y las glándulas son alargadas, y se extienden por dos tercios de la longitud del cuerpo. La vulva es discreta (no conspicua) y el ovario extendido anteriormente.

La hembra joven del nematodo *T. aptini*, cuando abandona el hospedero (trips), es elongada y cilíndrica y se diferencia del macho joven, pues este posee ala caudal (bursa) y tiene movimientos espasmódicos; mientras que, la hembra se mueve lentamente (18).

Las **hembras entomoparasíticas o “parasitarias”** son pequeñas y ovales o elípticas (0,15-0,23 mm de longitud; a =1,6 -1,8 en la especie tipo del género). El estilete mide 10 -13 μm de longitud y sin cabezas basales; el esófago está atrofiado. La vulva es terminal o subterminal y los ovarios ocupan casi toda la cavidad del cuerpo con tres a cuatro contornos (flexus). El útero es grande y contiene uno o dos huevos. Estos nematodos son ovíparos (12, 15).

Los machos tienen el cuerpo de recto a arqueado (0,23 a 0,33 mm de longitud; a = 16-20; c = 12-15),

estilete ausente (12); sin embargo, Tipping *et al.* (10) señalaron que los machos de *T. fuscum* sí poseen estilete. El esfago está degenerado y son monórquicos, con el testículo extendido hacia la región esofágica. Las espículas son pareadas, arqueadas y puntiagudas con una longitud de 14-16 μm . El gubernáculo está presente pero débilmente desarrollado, con una longitud de un tercio de las espículas. La bursa en los machos es prominente, adanal o subterminal (12, 15).

Según Stock y Hunt (15), el elemento clave para la identificación de las especies reconocidas de este género es la forma del cuerpo de la hembra parasítica; Tipping *et al.* (10) añadieron que el tamaño de las hembras también es elemento discriminatorio para la identificación de especies. Otros elementos son la posición de la vulva, forma del cuerpo del macho, la presencia o no del estilete en los machos y el tipo de bursa (adanal o subterminal) (15).

En la literatura revisada aparecen cinco especies reconocidas del género *Thripinema* (*T. aptini*, *T. fuscum*, *T. khrustalevi*, *T. nicklewoodi* y *T. reniraoi* (especie tipo del género)) (15); sin embargo, se señaló que, indudablemente existen otras especies no descritas en este género poco estudiado (9).

El rango biogeográfico resultó estrecho, pues se informaron en siete países (19, 20, 21), donde se encontraron parasitando más de una docena de especies pertenecientes a Thysanoptera, que aparecieron en plantas de diversas familias botánicas (Tabla 1). Con relación a la distribución, se señaló que probablemente sea mayor y que la actual refleja las encuestas (o muestreos) que se realizaron (22). Arthurs (22) citó otras tres especies de Thysanoptera como hospederas de *Thripinema*: *Stenothrips graminum* Uzel, *Catinathrips* (= *Taeniothrips*) *vaccinophilus* Hood y *Heliothrips* sp.

Stavisky *et al.* (23) señalaron que, en general, cada especie de *Thripinema* demostró especificidad por una especie de trips como hospedero y Sims *et al.* (2012) (24) observaron una relación especializada de *T. fuscum* y *F. fusca*, pues está adaptada para explotar sus sistemas digestivo, reproductivo y excretor; aunque Funderburk y Latsha (9) acotaron que la especificidad de *Thripinema* por los hospederos no era aún clara, pues algunas especies parasitaron diferentes especies de trips.

Un aspecto que señalaron Loomans *et al.* (11), con relación a la posibilidad de encontrar estos nematodos parasitando naturalmente a los trips en campo, está relacionado con el hecho de que resulta vital mantener la integridad de los insectos recolectados antes de su disección, pues un método de recobrado inadecuado puede resultar en un diagnóstico negativo. Estos autores señalaron las desventajas de preservar los insectos recolectados en agua (donde en pocas horas aparecen bacterias y hongos que dañan el ejemplar) y en alcohol (que hace que el contenido abdominal sea difícil de identificar) y sugirieron, sobre la base de sus propias experiencias y las de otros autores, disectar los trips

vivos en agua, anestésarlos o matarlos de forma rápida en alcohol y transferirlos, inmediatamente, a solución Ringer, para poder hallar los nematodos en su interior.

En Cuba, donde se realizan encuestas o muestreos frecuentes de trips en los cultivos, los entomólogos, conociendo que el parasitismo por *Thripinema* no expresa síntomas externos en los insectos (22), deberían realizar exámenes de los insectos en los laboratorios utilizando microscopía, y tener en cuenta las sugerencias de Loomans *et al.* (11) relativas a la preservación de los insectos, lo que permitirá determinar la presencia o no de poblaciones de nematodos parásitos de este grupo de insectos plaga en el país.

2. Efectos que produce el nematodo parásito en el trips hospedante

Los nematodos del género *Thripinema* son enemigos naturales de los trips y actúan como parásitos obligados; pueden afectar todos los estados del ciclo biológico de los trips (33); sin embargo, no les causan la muerte rápidamente (27, 34). Como se refirió antes, los trips infestados no muestran signos externos obvios o cambios en su comportamiento, debido al parasitismo de los nematodos (11, 22, 24). No obstante, hay consecuencias en los insectos relacionadas con la infestación por los nematodos, las que se resumen en este apartado.

2.1. Alimentación y la transmisión de virus fitopatógenos

El estudio de Arthurs y Heinz (35) evidenció que los trips individuales (*F. occidentalis*) infestados con larvas del nematodo (*T. nicklewoodi*) y mantenidos en discos de hojas, redujeron su alimentación. La reducción *per cápita*, en los individuos parasitados, contribuyó a una reducción total de la alimentación de 87 % cuando estaban los trips en hojas de crisantemo (*Chrysanthemum* spp.) y de 91 % cuando se mantuvieron en hojas de frijol, en comparación con sus tratamientos controles con trips no parasitados.

Los trips infestados por larvas de nematodos mostraron reducida competencia como vectores de *Tomato spotted wilt virus* (TSWV) (35); en ese estudio, la frecuencia *per cápita* de transmisión viral entre trips infestados por nematodos fue de solo 50 %, reducida en comparación con los trips libres de nematodos. Estos autores señalaron que la alteración en la alimentación de los trips podría explicar la baja frecuencia de transmisión del TSWV, y apuntaron que *T. nicklewoodi* podría ayudar a prevenir los brotes y reducir el daño por alimentación de los trips en los cultivos.

Otro estudio, desarrollado por Sims *et al.* (36), demostró que el parasitismo de *T. fuscum* provocó una reducción de la alimentación de las hembras de *F. fusca* en 65 % y su habilidad de transmitir el TSWV en 50 %.

Estos hallazgos resultan importantes y se debían realizar estudios más profundos relativos a las razones de la disminución de la capacidad como vector de TSWV de las especies de *Frankliniella* parasitadas por nematodos parásitos (*Thripinema* spp.), teniendo en consideración los daños que el complejo trips-tospovirus ocasiona a la agricultura a escala global.

2.2. Impactos sobre la longevidad del huésped y su dispersión

En las investigaciones relacionadas con el efecto del parasitismo por *Thripinema* en el trips hospedero, se informó el impacto en la longevidad de hembras y machos y en la dispersión de la plaga.

Tabla 1. Relación de las especies de nematodos del género *Thripinema* hallados infestando, de forma natural, especies de trips en diversas partes del mundo / *Thripinema* species found infesting thrips species naturally in different sites of the world.

Especie de nematodo	Especie de <i>Thrips</i> hospedero	Estado del insecto parasitado	Planta hospedante	País	Ref.
<i>Thripinema reniraoi</i> Siddiqi (especie tipo)	<i>Megalurothrips</i> sp.	adultos	leguminosas	India	12
<i>Thripinema</i> (= <i>Howordula</i>) <i>aptini</i> Sharga	<i>Aptinothrips rufus</i> Gmelin	Hembras, larvas y pupas	Pastos	Reino Unido, India	16, 18
<i>T. aptini</i>	<i>A. rufus</i>	n.m	n.m	Alemania	25
<i>T. aptini</i>	<i>Microcephalothrips abdominalis</i> (Trybom)	pupas	<i>Margarita rastrera</i> (<i>Sphagneticola calendulacea</i> (L.) Pruski) (Syn. <i>Wedelia chinensis</i> (Osbeck) Merr.) (Asteraceae)	India	26
<i>T. aptini</i>	<i>Frankliniella schultzei</i> Trybom	pupas	Girasol (<i>Helianthus annuus</i> L.) (Asteraceae)	India	26
<i>T. aptini</i>	<i>Taeniothrips</i> sp.	Hembras, ninfas	Arándano (<i>Vaccinium corymbosum</i> L. (Ericaceae))	Canada	17
<i>Thripinema nicklewoodii</i> Siddiqi	<i>Frankliniella occidentalis</i> Pergande	Larvas y hembras adultas	Alfalfa (<i>Medicago sativa</i> L.) Rosas (<i>Rosa</i> spp.)	Estados Unidos de América (EUA)	27, 28
<i>T. nicklewoodii</i>	<i>F. occidentalis</i>	Hembras adultas	n.m	EUA	29
<i>T. nicklewoodii</i>	<i>Frankliniella vacinii</i> Morgan	n.m	Arándano (<i>V. corymbosum</i>)	Canadá	17
<i>T. nicklewoodii</i>	<i>Taeniothrips vaccinoophilus</i> Hood.	pupas	Arándano	Canadá	17
<i>Thripinema fuscum</i> Tipping et al.	<i>Frankliniella fusca</i> Hinds	hembras	cacahuete (<i>Arachis hypogaea</i> L.) 'Florunner' maní o cacahuete	EUA	10
<i>T. fuscum</i>	<i>F. occidentalis</i>	Hembras y machos	<i>A. hypogaea</i> L. 'Florunner'	EUA	10
<i>T. fuscum</i>	<i>Frankliniella tritici</i> (Fitch)	Hembras y machos	<i>A. hypogaea</i> L. 'Florunner' (Fabaceae)	EUA	20
<i>T. fuscum</i>	<i>F. fusca</i>	n.m	Tabaco (<i>Nicotiana tabacum</i> L.) (Solanaceae)	EUA	10
<i>Thripinema khrustalevi</i> (Chizov et al.)	<i>Frankliniella australis</i> Morgan	Hembras, machos y segundos instares	Paloqui (<i>Cestrum parqui</i> (L'Herit.) (Solanaceae)	Chile	30
<i>Thripinema</i> Siddiqi	<i>Thrips obscuratus</i> Crawford	hembras	Melocotón <i>Prunus persica</i> (L.) (Rosaceae) 31	Nueva Zelanda	29
<i>Thripinema</i> spp.	<i>Scirtothrips dorsalis</i> Hood	n.m.	n.m.	n.m	32
<i>T. khrustalevi</i>	<i>Thrips trehernei</i> Prisner	Ninfas y adultos	Diente de león (<i>Taraxacum officinale</i> F.H. Wigg. y <i>Hieracium</i> spp.) (Asteraceae)	Rusia	14
<i>T. khrustalevi</i>	<i>Thrips physapus</i> L.	Ninfas y adultos	Diente de león (<i>T. officinale</i> F.H. Wigg. y <i>Hieracium</i> spp.) (Asteraceae)	Rusia	14

n.m: no se menciona por el autor del artículo

Así, por ejemplo, en una investigación desarrollada por Lim *et al.* (37) se constató que el parasitismo de *T. nicklewoodi* afectó la longevidad de *F. occidentalis*, pues en el caso de trips no parasitados por nematodos, los machos sobreviven más tiempo en comparación con las hembras; sin embargo, en los trips parasitados, la longevidad de las hembras adultas es mayor en comparación con los trips machos adultos. Otros autores ratificaron que el parasitismo de *T. nicklewoodi* redujo la longevidad de los adultos de *F. occidentalis*, no así a la etapa preadulta (37).

Adicionalmente, el parasitismo por *T. fuscum* redujo la longevidad de los machos de *F. fusca*, no así en la hembra, lo que difiere a lo informado para *F. occidentalis* (34). No obstante, en otro estudio no hubo diferencias en la longevidad de las hembras y los machos de trips occidental de las flores no parasitados; sin embargo, la parasitación por *T. nicklewoodi* redujo significativamente la longevidad en ambos sexos. El grado de reducción de la longevidad fue mayor en los machos (61 %) que en las hembras parasitadas (26 %), y la mortalidad en los trips machos parasitados ocurrió antes que en las hembras (37).

Otro elemento que se constató fue que las hembras y los machos sanos de *F. fusca* se dispersaron a una tasa mayor que los parasitados por *T. fuscum* (38).

2.3. Afectaciones a la reproducción del trips

En estudios iniciales, Sharga (13) describió que los insectos se disectaron vivos en agua y los nematodos (en estados de huevos, juveniles, hembras y machos) emergieron del interior de los trips parasitados, los que presentaron los ovarios degenerados o no desarrollados, aspecto destacado por diversos autores (26, 39).

Loomans *et al.* (11) señalaron que, el examen de los órganos reproductivos internos de los insectos parasitados, mostró una gran reducción en tamaño y cambios en la forma del oviducto, vagina y del receptáculo seminal. Otros autores significaron que los ovarios de los insectos parasitados, además de estar reducidos, tenían escasos huevos o no tenían huevos (30, 37), y producían esterilización en los insectos hospederos (1, 31, 39).

Cuando las hembras de *F. fusca* fueron parasitadas como primer o segundo instares, no produjeron huevos; mientras que, las hembras adultas, cuando son parasitadas, detienen la producción de huevos a los tres días posteriores al que fueron parasitadas (34).

La causa de la esterilidad del hospedero es poco conocida; diversos autores señalan que puede estar relacionada con la reducción de la alimentación de los trips adultos, los daños físicos que se producen en el insecto, debido al desarrollo y alimentación del nematodo y que, adicionalmente, el parásito puede privar al hospedero de las proteínas requeridas para la oogénesis o secretar alguna toxina que daña los órganos reproductivos (22, 39, 40). Los machos son

similarmente parasitados, pero el efecto del parasitismo en la fertilidad del mismo es desconocido (22, 41).

El estudio histológico (24) de hembras de *F. fusca* parasitadas y no parasitadas demostró el impacto interno de *T. fuscum* en la plaga. El parasitismo induce el desplazamiento y la invasión del tracto alimentario, la atrofia de los ovarios y la alteración de reservas de energía (con reducción de los cuerpos grasos y el glicógeno), así como la acumulación de vesículas en los cuerpos grasos, células del intestino medio y los tubos de Malpighi. Los ovarios de las hembras de trips parasitadas tienen la mitad del tamaño de las no parasitadas y fueron desplazados, de forma significativa, por los numerosos juveniles de nematodos presentes en el hemocele de los insectos. El desarrollo del parásito obligado *T. fuscum* resultó en la conversión de la masa interna del insecto (*F. fusca*) en una biomasa de nematodos.

Los efectos de estos nematodos en la reproducción de los trips poseen importancia desde el punto de vista del manejo de la plaga, pues conducen a la disminución de las poblaciones de estos insectos en campo.

3. Elementos del ciclo biológico de los nematodos y su transmisión

Sims *et al.* (24) describieron gráficamente el ciclo biológico de *T. fuscum* en *F. fusca*, que transcurrió en nueve días, aproximadamente. Utilizando los elementos ofrecidos por esos autores, se organizó este apartado; se comenzó por la entrada al insecto de la hembra adulta parasitaria (fertilizada), se continuó con el progresivo desarrollo de la hembra, la liberación de huevos, la eclosión y el desarrollo de los juveniles, la salida de hembras y machos de vida libre y la infestación de nuevos hospederos.

Las **hembras parasitarias de vida libre** (fertilizadas o fecundadas) se adhieren a las patas del trips y penetran a través de las suaves membranas intersegmentales (38), utilizando el estilete del nematodo (10, 39) y una generación heterossexual se desarrolla en el hemocele de las cavidades torácica y abdominal del trips adulto vivo (10, 22, 38). Posterior a la entrada al insecto, las hembras cambian de su estado vermiforme a la forma hinchada, semejante a un saco, característica en este género. La cutícula protectora de la hembra se desplazó por una capa hipodermis con diversas características; el estilete, esófago y sistema digestivo se atrofiaron y los ovarios incrementan su longitud con numerosos pliegues (flexus); los órganos reproductivos se convierten en la única estructura visible (10, 22, 24) y ocupan todo el cuerpo del nematodo (9).

La hembra adulta de *Thripinema*, aunque degenerada en muchos aspectos, posee un sistema reproductivo extremadamente eficiente, pues en un trips parasitado se pudieron hallar cientos de juveniles, producidos por una o dos hembras (10, 39). Según Sims *et al.* (24), entre los días 1 y 3 posteriores a la entrada, la hembra

del nematodo ya transformada produce **huevos** (entre 2 a 3 se pueden observar al mismo tiempo en el ovario) entre los días 4^{to} y 6^{to} y los libera en el hemocele del insecto (38). Dentro de los huevos maduros de *T. fuscum* se pudieron observar los juveniles de primer estadio (J1) (24). Lysaught (39) encontró, en un trips parasitado (*A. rufus*), una hembra del nematodo *T. aptini* con 111 huevos y 18 juveniles; sin embargo, señaló que el número de hembras del nematodo dentro del insecto es de 1 o 2.

Los huevos dan origen a **juveniles** que tienen tres mudas, lo que se produce entre los días 6^{to} al 8^{vo} (24); esos juveniles vermiformes móviles se alimentan de los fluidos internos del trips (38) en el hemocele, donde ocurren las mudas (24). En cada muda, la hipodermis se separó de la cutícula y produjo un espacio relleno de colágeno que la nueva cutícula reabsorbió. La región labial y el estilete se desarrollaron en el juvenil de tercer estadio (24).

Los **juveniles de último estadio (hembras y machos) de vida libre** migraron del hemocele del hospedero al tracto digestivo, a la unión del intestino medio y el superior, formando una masiva agregación en una región parecida a un saco en el lumen del intestino superior. Los juveniles completamente desarrollados emergieron por la parte posterior de hembras y machos de *F. fusca* a los nueve días, en busca de otro insecto, completando así el ciclo sobre el noveno día (24). Los juveniles abandonan el hospedero vía oviducto, cuando están completamente desarrollados (9), y también salen del insecto perforando la pared del intestino medio, desde donde se mueven al recto y permanecen un periodo antes de salir por el ano (38) en el excremento (10). Señalaron Sims *et al.* (34) que una generación de *T. fuscum* se desarrolla dentro de adultos y larvas parasitadas y que los machos y hembras del nematodo solo emergen durante el estado adulto del insecto. La reproducción de los nematodos continúa a lo largo de la vida del trips (41). Tanto hembras como machos del nematodo tienen una corta vida fuera del hospedero, con media de supervivencia de 7 a 86 horas (42).

La relación (radio sexual) hembra:macho de *T. fuscum*, que emerge de trips hembras y machos parasitados, fue de 22:1 y 18:1, respectivamente; emergen más hembras del nematodo del trips hembra que del macho, por lo que se producen más nematodos en las hembras que en los machos (34).

Las formas de vida libre no se alimentan ni se multiplican fuera del insecto. Luego de la última muda, el macho de vida libre copula con la hembra (9), aunque no se conoce cuando se produce el apareamiento (38). La fertilización de las hembras de *Thripinema* ocurre fuera del hospedero (18, 22), a pesar de que los estados libres del nematodo solo viven unas pocas horas (22). Sin embargo, otros autores señalaron que, si ocurre apareamiento, se desconoce si se produce en el interior del hospedero o en las estructuras de

la planta (9). No obstante, se conoce que la cópula tiene lugar en las flores del maní (10) o dentro de los confines de las agallas de las hojas (17).

En los años 90s, se especuló acerca del **sitio de transmisión** de estos nematodos parásitos: podía ser el suelo o la copa de la planta (36). Arthurs (22) señaló que, al parecer, los nematodos atacan a los trips en la parte aérea de las plantas, aprovechando la humedad que se presenta en las partes en desarrollo (hojas no desplegadas), las agallas de las hojas o las flores.

Nickle y Wood (17) indicaron que los trips se alimentan de hojas “no desplegadas” y ocasionan agallas donde colocan los huevos. La nueva generación de insectos madura antes de dejar la agalla donde, con frecuencia, hay adultos y estados inmaduros de trips al mismo tiempo. Las hembras fertilizadas del nematodo entrarán a larvas y pupas de trips que se encuentren en las agallas, donde la alta humedad podría favorecer la transferencia del nematodo (17), luego de acumularse alrededor de los sitios de alimentación de los trips, donde pueden encontrar otros hospederos (22). En el caso de las hojas, los estadios de vida libre de nematodos migran a los tricomas y, posteriormente, el nematodo se adhirió al tricoma con la parte posterior de su cuerpo; consecutivamente, el nematodo contacta la pata de un trips, se mueve inmediatamente a lo largo de esta estructura hacia el abdomen y penetra (37).

En campo, las flores de maní fueron el sitio primario para las agregaciones de adultos de *F. fusca* y de las hembras de vida libre (fertilizadas) de *T. fuscum* para localizar nuevos insectos (34).

4. Parasitismo natural de trips por *Thripinema* spp. y fluctuación poblacional

En uno de los estudios pioneros que desarrolló Lysaught hacia fines de los años 30 del siglo XX, en campos experimentales de la antigua estación Experimental de Rothamsted en Reino Unido, se constató que el parasitismo natural sobre *Aptinothrips rufus* por *T. aptini* difirió entre las parcelas evaluadas entre 1933 y 1935 y estuvo entre 1 y 68 % (39).

Nickle y Wood (17) informaron que, en campos de arándano en New Brunswick (Canadá) (entre 1959 y 1962), el porcentaje de parasitismo natural de *T. aptini* sobre las especies *F. vaccinii* Morgan y *Taeniothrips* sp. osciló entre 8 y 71 % y no se observaron diferencias, en este parámetro, entre las dos especies de trips.

El efecto de especies de *Thripinema* sobre poblaciones de trips se constató en diferentes zonas y momentos en Estados Unidos de América; así, por ejemplo, en campos de maní afectados por *F. fusca*, se presentaron altos niveles de parasitismo por *T. fuscum*, con valores de 51 % y 68 %, en dos años diferentes (38). En otras investigaciones, se presentaron altos valores de parasitismo de *T. fuscum* en *F. fusca* en maní (entre 51 % y hasta el 90 %) en diferentes años (10, 38). *T. fuscum* es un factor regulador clave de *F. fusca*

en zonas agrícolas de producción de ese cultivo en el sureste de ese país, pues el nematodo causó significativa reducción en la alimentación y fecundidad de las hembras adultas de *F. fusca*, y disminuyeron sus competencias como vector (adquisición y transmisión) del TSWV (43). Por otra parte, en diversos campos en California, los niveles de parasitismo natural de *T. nicklewoodii* en *F. occidentalis* variaron entre 19 y 33 % (27).

En otras latitudes se encontraron diversos niveles de parasitismo de *Thripinema* en poblaciones naturales de Thysanoptera. Por ejemplo, en Rusia, *T. khrustalevi* parasitó entre 10 y 50 % de los trips en sitios cercanos a Moscú (14). Funderburk *et al.* (30) encontraron que, en Chile, el parasitismo de esa especie de nematodo (*T. khrustalevi*) llegó al 70 % en dos de las tres localidades estudiadas, entre los meses de mayo y junio. Sin embargo, el porcentaje de parasitismo por *Thripinema* que se evidenció en Nueva Zelanda fue bajo, pues solo el 5 % de las hembras de *T. obscuratus*, en las muestras obtenidas, estaban parasitadas (31).

Loomans *et al.* (11) analizaron diversos artículos, donde se identificaron patrones estacionales y porcentajes de infestación por *Thripinema* spp. y sugirieron que la dinámica poblacional de las especies del género no parece seguir un patrón distintivo, señalando que, aunque hubo variaciones entre los estudios, el porcentaje de parasitismo alcanzó su máximo, generalmente, en los meses de primavera y verano.

Se observó también que el parasitismo por el nematodo es bajo durante el crecimiento vegetativo del cultivo y las poblaciones de trips aumentan rápidamente; sin embargo, decrecen hasta casi la extinción, luego que las plantas comienzan a florecer y, a partir de ese momento, el parasitismo permanece alto y las poblaciones de trips no pueden aumentar; no obstante, si la floración del cultivo se afecta por sequía, por ejemplo, decrece el parasitismo del nematodo (9).

Relacionado con la persistencia de nematodos en los trips, se conoció que *T. nicklewoodii* persistió por siete generaciones en poblaciones de *F. occidentalis* (44).

Los efectos de los nematodos del género *Thripinema*, en el ciclo de vida y la reproducción de los trips parasitados, poseen implicaciones en el desarrollo ulterior de las poblaciones del insecto en el campo, lo que puede ser beneficioso en el manejo de estas plagas debido al parasitismo natural, lo que justificaría la realización de investigaciones en Cuba que condujeran al establecimiento de la presencia o no de este género de nematodos en el país.

5. Estudios realizados para el posible uso de *Thripinema* spp. como agente de control biológico de trips

• Reproducción de *Thripinema*

Lim *et al.* (37) desarrollaron la reproducción de *T. nicklewoodii* en laboratorio para poder efectuar una serie de experimentos y utilizaron el denominado

“Método de hoja enrollada” (“*Rolled Leaf Method*”), empleando especímenes de *F. occidentalis* parasitados para establecer la población. Las hojas enrolladas de frijol fueron “incrustadas” con huevos de trips (*F. occidentalis*) y colocadas en contenedores plásticos (T=24°C, HR=50-60 %). Según los autores, las hojas enrolladas proveen adecuada humedad para la supervivencia de los nematodos en el proceso de localización del nuevo hospedero. Con ese método obtuvieron 2,7 trips parasitados por cada trips parasitado utilizado en el procedimiento, con una media de parasitismo de 37 %; sugieren que representa un método simple y factible para liberaciones inoculativas del nematodo.

La reproducción de *T. nicklewoodii*, que desarrollaron estos autores en otro estudio (45), utilizó el método descrito antes (37) con ciertas modificaciones. Este trabajo ofrece una representación esquemática del método que resulta útil para su implementación en laboratorios, cuando se pretenda reproducir nematodos parásitos de trips. Como primer nivel trófico utilizaron hojas de frijol, donde colocaron hembras de *F. occidentalis* recién emergidas (24°C, 50-60 % HR) durante cuatro días. Como inóculo se usaron cuatro trips hembras parasitadas que defecaban nematodos.

Por su parte, Arthurs y Heinz (46) describieron otro método para la reproducción *in vivo* de *T. nicklewoodii*. Estos autores observaron que la fertilización y la transmisión horizontal de *T. nicklewoodii* se produjeron en tubos de microcentrífuga, a 100 % de humedad, donde utilizaron para la alimentación del *F. occidentalis*, hojas de frijol (*P. vulgaris*) como sustrato; en dos semanas obtuvieron una generación de nematodos a 25°C. Se documentó que el método de reproducción utilizado, con procedimientos simples de manipulación, resultó eficiente, pues el número de trips infestados se duplicó en cada generación. Los autores señalaron que el método resulta económico y que no requiere equipamiento complejo.

Indicaron Funderburk y Latsha (9) que ninguna especie de *Thripinema* fue reproducida *in vitro* de forma exitosa y que la carencia de un método para lograr una producción comercial del nematodo, obstaculizaba las liberaciones inundativas de *Thripinema* como táctica práctica en programas MIP.

No obstante, el establecimiento natural de *T. nicklewoodii* en invernaderos de flores en California sugirió la factibilidad de liberaciones inoculativas para el control del trips occidental de las flores (9); asimismo, la habilidad de estos nematodos de atacar a los trips en sus sitios preferidos de alimentación, áreas que son, a menudo, impenetrables para los insecticidas y otros enemigos naturales, llevó a que varios investigadores a sugerir que los nematodos parásitos de trips tienen potencial en la agricultura (22).

• Efecto de factores abióticos y estados del trips hospederos sobre *Thripinema* spp.

Diversos investigadores estudiaron el impacto de factores abióticos (temperatura y humedad) y del esta-

do de desarrollo del insecto, en la infestación y desenvolvimiento del nematodo; en este acápite se exponen resultados relevantes para el entendimiento de las características del ciclo de vida y la dinámica poblacional del nematodo en campo, aspectos que se deben tener en consideración en el uso potencial de especies del género *Thripinema* como controles biológicos.

Señalaron Arthurs *et al.* (41) que el nematodo parásito *T. nicklewoodi* se investigó para su uso en liberaciones inoculativas, con el objetivo de lograr el manejo de *F. occidentalis* en invernaderos de flores; por ello, evaluaron el efecto de factores como la temperatura (en las instalaciones) sobre el establecimiento del nematodo. Los resultados demostraron que *T. nicklewoodi* infesta, copula y se reproduce a temperaturas bajas (~ 15°C) en los invernaderos de producción de flores en Estados Unidos de América, entre marzo y mediados de junio, cuando *F. occidentalis* es más abundante. Las temperaturas fluctúan en los invernaderos comerciales entre 21-23°C (abril a junio), las que están dentro del rango adecuado para la reproducción del nematodo.

T. nicklewoodi podría subsistir a periodos de altas temperaturas (> 35°C); sin embargo, es posible que se prolongue el ciclo de desarrollo y se reduzca la reproducción. Las exposiciones cortas, a temperaturas mayores de 40°C, podrían causar la muerte a los nematodos (41). Un periodo cálido y seco provocó disminución del nivel de parasitismo de *T. fuscum* y se produjo, por tanto, una recuperación de la población de *F. fusca* a corto plazo (38).

Las respuestas de los nematodos a la temperatura podrían ser reflejo de su dependencia de las fluctuaciones de las poblaciones del hospedero (41). Al respecto, se señaló que la reproducción de *T. nicklewoodi* fue alta a temperaturas entre 10 y 30°C, pero la respuesta de este nematodo a ese factor estaría limitada por la fisiología del insecto (41). Los umbrales de temperatura, para el desarrollo de *T. nicklewoodi*, fueron de 35°C (donde las disecciones de los insectos revelaron que las hembras parasitarias del nematodo habían muerto y no se desarrollaron suficientemente) y 10°C (temperatura a la cual, aunque los nematodos sobrevivieron, solo algunos huevos y juveniles de primer estadio se desarrollaron dentro del hospedero); sin embargo, alrededor de un óptimo de 20°C se produjo 80 % de infestación (41).

La máxima producción de huevos de *T. aptini* en *A. rufus* se produjo en los meses de abril y mayo (primavera) (39), cuando las temperaturas fueron algo más cálidas, pero no muy altas.

Para el uso del género *Thripinema* como agentes de control biológico, el efecto negativo de altas temperaturas (> 35°C) sobre los nematodos, se debe considerar en las condiciones de las casas de cultivo en ambientes tropicales como Cuba, donde las temperaturas en las instalaciones, durante el verano, son realmente altas.

Con relación a la humedad relativa (HR), de manera general, los nematodos terrestres requieren una finísima película de agua para su desarrollo; en el caso de estos parásitos, se señaló que el requisito de alta humedad puede limitar la transmisión y, por tanto, propagación de *T. nicklewoodi* en algunos cultivos susceptibles a los trips (46).

La importancia de la humedad relativa (HR), para la sobrevivencia de los nematodos, se puso de manifiesto en el estudio de cría *in vivo* en laboratorio de *T. nicklewoodi*, utilizando como presa a *F. occidentalis*, donde se observó una baja tasa de infestación cuando la HR era de 75 % y los autores señalaron que, probablemente, se debía a la desecación de los nematodos y a la movilidad reducida en niveles de humedad por debajo de la saturación. Sin embargo, el riego o caída de rocío pueden promover periodos de alta humedad en las estructuras de las plantas (46).

Señalaron Mason y Heinz (42) que el sitio preferente para la alimentación del trips de las flores, con hábito herméticamente confinado en las flores y tejidos meristemáticos, podría proveer, presumiblemente, áreas de alta humedad para el adecuado desenvolvimiento del nematodo. Sin embargo, la supervivencia de machos y hembras del nematodo en agua es breve, lo que sugiere que su supervivencia en la superficie de las plantas es corta, aún en las estructuras más protegidas y que la transmisión de los nematodos ocurre en sitios protegidos de las plantas; pero, en ausencia de esos sitios, se produce en las hojas y no en el suelo.

• Efecto del estado (estadio) del trips hospedero

Diversos estudios evidenciaron que el estado de desarrollo y el género del hospedero influyen en la infestividad y el desarrollo del nematodo. Aunque Loomans *et al.* (11) señalaron que no se había encontrado trips machos parasitados, otros autores los hallaron (Tabla 1), acotando Sprague y Funderburk (33) que todos los estadios de los trips son susceptibles de ser parasitados por especies de *Thripinema*.

En experimentos de laboratorio que desarrollaron Sin *et al.* (34), pudieron determinar cómo se afectó la biología reproductiva de *T. fuscum* por el género y estado de desarrollo del hospedero (*F. fusca*), estableciendo que las hembras adultas de *F. fusca* resultaron más parasitadas seguidas, en orden decreciente, por los segundos instares, primeros instares y machos. El nematodo desarrolla una generación dentro de larvas y adultos parasitados, los machos y hembras emergen solo durante el estado adulto del hospedero.

Todos los estados del ciclo de vida de *F. occidentalis* son susceptibles a la infestación por el nematodo, pero varían en grado de susceptibilidad decreciente: pupa hembra, larva de segundo instar, larva de primer instar, pupa macho, hembras adultas y machos adultos (42).

Por su parte, *T. nicklewoodi* parasita todos los estados del ciclo de vida del trips occidental de las flores (*F. occidentalis*) (primer y segundo instares, prepupa, pupa, hembras y machos adultos), con tasas de parasitaciones significativamente diferentes; con mayor frecuencia de parasitación en larvas de segundo estadio y, de forma general, las etapas de vida del trips más jóvenes se parasitaron más que aquellas más avanzadas. En ese estudio, se informó por primera vez el parasitismo en machos de trips por *T. nicklewoodi* (37). Sin embargo, las pupas de *M. abdominalis* se infestaron más con adultos y huevos del *T. aptini*; mientras que, en los adultos senescentes, las larvas de nematodos superaron en número a otros estados del parásito (26).

Las hembras de *F. fusca*, que fueron parasitadas cuando estaban en primer o segundo instares, no produjeron huevos y las hembras adultas dejaron de producir huevos tres días después de que fueron parasitadas por el nematodo (34).

Con relación a la producción de nematodos, se observó que una mayor cantidad de estos organismos emergieron de los insectos hembras que de los machos; de igual forma, se constató que emergen más nematodos de los trips cuando fueron parasitados como larvas, que de aquellos que se parasitaron en estado adulto (34).

• Estudios de tasas de liberación y su efecto en poblaciones de trips en cultivos

En ensayos de dosis-respuesta, Mason y Heinz (42) observaron que, aproximadamente, el 16 % de las hembras de *T. nicklewoodii* infestan al trips de las flores, independientemente de la dosis inicial de nematodos. Estos autores sugirieron que las aplicaciones aumentativas de *T. nicklewoodi* podrían ser exitosas para generar rangos de infestación y la subsecuente supresión de las poblaciones de *F. occidentalis*.

Otro estudio, realizado por Lim *et al.* (37) sobre la relación dosis-respuesta, entre el número de trips adultos parasitados y el parasitismo en las nuevas cohortes, evidenció que la tasa de parasitación (medida después que las larvas alcanzaron el estado adulto) de ambos sexos combinados se incrementó, de manera constante, de 26,9 % cuando se utilizó un trips adulto parasitado como inóculo, hasta 75,3 % cuando se utilizaron cuatro trips como inóculo. Tanto hembras como machos del trips occidental de las flores se parasitaron con igual frecuencia entre sexos.

Lim y Van Driesche (45) desarrollaron un estudio para determinar la eficacia de *T. nicklewoodi* como agente de control biológico de *F. occidentalis* en la producción de flores en invernadero, a través de liberaciones inoculativas con hembras de trips parasitadas en siete momentos del ciclo del cultivo. En los tratamientos en los que se liberaron los nematodos, la población de trips disminuyó el 56 % de los especímenes

de segundo instar, 72 % de hembras adultas y 62 % en machos adultos, comparados con el tratamiento control; sin embargo, esos valores fueron menores que los alcanzados en el tratamiento con el insecticida Spinosad. La producción de flores fue tres veces superior (en el tratamiento con Spinosad) y 1,4 veces (donde se liberaron nematodos) en comparación con el control no tratado.

El concepto de **control de plagas cambió a manejo** a través de los años sabiendo que un enfoque equilibrado para manejar poblaciones de plagas, a niveles que no causen pérdidas económicas, es mejor que erradicar (con excepción de plagas invasoras) debido a razones ambientales y económicas (47). Ese enfoque debe prevalecer al abordar el manejo de plagas como los trips, con presencia permanente en cultivos tropicales y en grandes poblaciones. Al respecto, Loomans *et al.* (11) señalaron que, aunque el impacto del enemigo natural (*Thripinema*) en la dinámica poblacional de sus hospederos podría ser, a menudo, poco significativo, cuando se compara con la enorme densidad del hospedero en el campo, el hecho de provocar, por ejemplo, 63 % de infestación en una población de trips, podría causar reducciones cuantificables en las pérdidas del cultivo y el número de trips remanentes.

En el transcurso de este trabajo, diversos resultados evidenciaron que diferentes autores sugirieron el potencial de especies del género *Thripinema* para el control biológico de especies de Thysanoptera y de virus como el TSWV (9, 34, 42); Loomans *et al.* (11) indicaron que, con el incremento en el interés en los programas de control biológico para plagas de trips, resulta interesante la posibilidad de que *Thripinema* spp. pueda reducir marcadamente las poblaciones de estos insectos.

Con relación al MIP de estos organismos plagas, señaló Funderburk (38) que, indudablemente, los grupos de enemigos naturales, diferentes de *Orius* y *Thripinema*, poseen función importante en la dinámica poblacional de los trips. Por ello, la comprensión de la dinámica poblacional de trips y sus enemigos naturales en el “paisaje” ofrecerá elementos clave para la gestión eficiente y eficaz de poblaciones de trips y la propagación primaria y secundaria de tospovirus. Esta aseveración, ofrecida por un experto en este grupo de insectos, debe interesar a estudiosos sobre este grupo de insectos plaga en Cuba, en la búsqueda de todos los enemigos naturales posibles, incluidos a los nematodos del género *Thripinema*, que pudieran estar presentes en los campos y constituirse en elementos para el manejo de este complejo grupo de plagas.

CONSIDERACIONES FINALES

Las especies de *Thripinema* son un grupo de parásitos de trips presente en diferentes partes del mundo y que aún son insuficientemente estudiadas, aunque causan altos niveles de infestación en poblaciones de trips

en los meses cálidos, por lo que se deben investigar las condiciones locales por las que se producen supresiones naturales del insecto debido a estos nematodos, para evaluar la importancia del grupo como agentes de control biológico.

Se constató la existencia de cinco especies de *Thripinema* que parasitan diversos representantes de Thysanoptera que, aun cuando se mantienen vivos, pierden su capacidad de producir progenie, lo que conlleva, en numerosas ocasiones, a la extinción de las poblaciones de trips. Se considera que los hábitos de vida de numerosas especies de trips, protegidos en flores y otros órganos, hacen que la erradicación de estas plagas sea difícil, las tácticas que limiten el desarrollo de las poblaciones, como el uso de enemigos naturales, como los nematodos del género *Thripinema*, resultan más útiles para el manejo de estas plagas y, por consiguiente, de los virus que transmiten.

En los esfuerzos por determinar las potencialidades de los nematodos del género *Thripinema* como agentes de control biológico de trips, se desarrollaron técnicas para su reproducción *in vivo* a escala de laboratorio y estudiaron los efectos de factores como la temperatura y el estado de desarrollo del hospedero sobre la infestividad y desarrollo de *Thripinema* spp., entre otros aspectos relevantes para el entendimiento de su biología, transmisión entre hospederos y los porcentajes de parasitismo natural. No obstante, aún resultan insuficientes los estudios cuyos resultados permitan el uso, a través de liberaciones inoculativas, de *Thripinema* spp. para el manejo integrado de trips de importancia como plagas agrícolas; por tanto, las investigaciones al respecto deben continuar.

Las disminuciones de las poblaciones de trips y de su capacidad como vectores de virus fitopatógenos, que se producen por el parasitismo de los insectos por nematodos del género *Thripinema*, constituyen razones para emprender estudios en Cuba que permitan determinar la existencia o no de poblaciones naturales de estos nematodos y, de hallarlos, realizar investigaciones básicas para conocer las condiciones que les son favorables para desarrollar su parasitismo de forma natural, con vistas a favorecer el control biológico, por conservación, de estos organismos en los agroecosistemas.

AGRADECIMIENTOS

La autora desea expresar su agradecimiento a la Dra. C. Belkis Peteira Delgado-Oramas, Editora Asociada de la Revista Protección Vegetal, por la minuciosa revisión del documento y las valiosas sugerencias ofrecidas para el mejoramiento del artículo.

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. Parker BL, Skinner M, Lewis T (Eds). Thrips. Biology and Management. NATO ASI Series. Springer Science+Business Media, LLC. 1993. <https://doi.org/10.1007/978-1-4899-1409-5>

3. Suris M. Actualización de la fauna de tisanópteros en Cuba. Rev. Protección Veg. 2021; 36 (No. Especial):31-32.

4. 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.

5. 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.

6. 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.

7. 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>

8. Karmen S, 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>

9. Funderburk J, Latsha KS. The Entomophilic *Thripinema*. En: PS Grewal, R-U Ehlers, DI Shapiro-Ilan (Eds.) Nematodes as Biocontrol Agents. CAB International. 2005. p. 401- 410. ISBN 0-85199-017-7

10. Tipping C, KB Nguyen, JE Funderburk, GC Smart. *Thripinema fuscum* n. sp. (Tylenchida: Allantonematidae), a parasite of the tobacco thrips, *Frankliniella fusca* (Thysanoptera). Jour. Nematol. 1998; 30 (2):232-236.

11. Loomans AJM, Murai T, Greene ID. Interactions with Hymenopterous and parasitic nematodes. En: T Lewis (Ed.). Thrips as crop pests. CAB International. 1997:355-397.

12. Siddiqi MR. Genus *Thripinema* n. gen. En: Siddiqi MR (Ed.). Tylenchida. Parasites of plants and insects. Commonwealth Institute of Parasitology. CAB. 1986:532-535. ISBN: 0 -85198-554- 8

13. Sharga US. A new nematode, *Tylenchus aptini* n.sp, parasite of Thysanoptera (Insecta: *Aptinothrips rufus* Gmelin). Parasitology. 1932; 24:268-279.

14. Chizhov VN, Subbotin SA, Zakharenkova NN. *Thripinema khrustalevi* sp. n. (Tylenchida: Allantonematidae), a parasite of Thrips (Thysanoptera) in Moscow. Russian Jour. Nemat. 1995; 3(2):89-94.

15. Stock SP, Hunt DJ. Morphology and systematics of nematodes used in biocontrol. En: P.S. Grewal, R.-U. Ehlers and D.I. Shapiro-Ilan (Eds.). Nematodes as Biocontrol Agents. CAB International. 2005:3-43.
16. Gantait VV, Venkataraman K. Catalogue of Arthropod Parasitic of Nematodes of India. Rec. zool. Surv. India, Oec. 2013; 345:1-83.
17. Nickle WR, Wood GW. *Howardula aptini* (Sharga 1932) parasitic in blueberry thrips in New Brunswick. Canadian Journal of Zoology. 1964; 42:843-846.
18. Lysaght AM. A note on the adult female of *Anguillulina aptini* (Sharga) a nematode parasitising *Aptinothrips rufus* Gmelin. Parasitology. 1936; 28(02):290. <http://dx.doi.org/10.1017/s0031182000022460>
19. Lim UT, Van Driesche RG. A new potential host and transmission routes of *Thripinema nicklewoodi*, an entomogenous nematode of western flower thrips. Biological Control. 2005; 33:49-55.
20. Funderburk J, Tavisky JS, Tipping C, Gorbet D, Momol T, Berger R. Infection of *Frankliniella fusca* (Thysanoptera: Thripidae) in peanut by the parasitic nematode *Thripinema fuscum* (Tylenchida: Allantonematidae). Environ. Entomol. 2002; 31(3):558-563.
21. Askary TH, Ebd-Elgawad MMM. Beneficial nematodes in Agroecosystems: a global perspective. En: Ebd-Elgawad MMM, Askary TH and Coupland J. (Eds). Biocontrol Agents: entomopathogenic and slug parasitic nematodes. CAB International. 2017:3-25.
22. Arthurs A. Thrips-Parasitic Nematodes. En: JL Capinera (Ed.). Encyclopedia of Entomology. Volume 4 (S-Z). 2nd Edition. Springer. Springer Science+Business Media B.V. 2008:3768-3769. ISBN: 978-1-4020-6242-1
23. Stavisky J, Funderburk J, Momol T, Gorbet D. Influence of parasitism by *Thripinema fuscum* on dynamics of local populations of *Frankliniella fusca*. En: R Marullo, L Mound (Eds.). Thrips and tospoviruses. Proceedings of the 7th International Symposium on Thysanoptera. Edition: National Library of Australia Cataloguing-in-Publication entry. Publisher: ANIC, Canberra, Australia; Università degli Studi Mediterranea di Reggio Calabria, Italy. 2002:141-143. ISBN: 0-9750206-0-9. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/281003047_Thrips_and_Tospoviruse_Proceedings_of_the_7th_International_Symposium_on_Thysanoptera. Acceso: 24 julio 2021
24. Sims K, Becnel JJ, Funderburk J. The morphology and biology of the entomophilic *Thripinema fuscum* (Tylenchida: Allantonematidae), and the histopathological effects of parasitism on the host *Frankliniella fusca* (Thysanoptera: Thripidae). Jour. Natural History. 2012; 46(17-18):111-1128. <http://dx.doi.org/10.1080/00222933.2011.651654>
25. Sturhan D, Hohberg K. Nematodes of the order Tylenchida in Germany -the non-phytoparasitic species. Soil Organisms. 2016; 88(1):19-41.
26. Varatharajan N. Parasite-host interaction in relation to the nematode *Thripinema aptini* (Sharga)-a parasite on *Microcephalothrips abdominalis* (Trybom). Current science.1985; 54(8):396-398.
27. Greene ID, Parrella MP. An entomophilic nematode, *Thripinema nicklewoodii* and an endoparasitic wasp, *Ceranisus* sp. parasitizing *Frankliniella occidentalis* in California. En: JC. Van Lenteren (Ed.). Working Group IPM Glasshouses. IOBC WPRS Bulletin. 1993; 16(2):47-50.
28. Greene ID, MP Parrella. Two New Natural Enemies of Western Flower Thrips in California. En BL Parker, M Skinner, T Lewis (Eds). Thrips. Biology and Management. Volume 276. Springer Science+Business Media, LLC. 1995:277-279.
29. Wilson TH, Cooley TA. A chalcidoid planidium and an entomophilic nematode associated with the western flower thrips. Annals of the Entomological Society of America. 1972; 65:414-418.
30. Funderburk J, Ripa R, Espinoza F, Rodríguez F. Parasitism of *Frankliniella australis* (Thysanoptera: Thripidae) by *Thripinema khrustalevi* (Tylenchida: Allantonematidae) Isolate Chile. The Florida Entomologist. 2002; 85(4):645-649. <https://www.jstor.org/stable/3496785>
31. Teulon DA, Wim J, Wouts M, Penman DR. A nematode parasite of the New Zealand flower thrips (Thysanoptera: Thripidae). New Zealand Entomologist. 1997; 20:67-69.
32. Seal D, Klassen W. Chilli Thrips, *Scirtothrips dorsalis* Hood (Thysanoptera: Thripidae). En JL Capinera (Ed.). Encyclopedia of Entomology. Volume 4 (S-Z). 2nd Edition. Springer. Springer Science+Business Media B.V. 2008:844-849. ISBN: 978-1-4020-6242-1.
33. Sprague D, Funderburk J. *Thripinema* spp. (Nematoda: Tylenchida: Allantonematidae). North Florida Research and Education Center, Quincy, Florida. Publication Number: EENY-681. 2017. Disponible en: http://entnemdept.ufl.edu/creatures/nematode/Thripinema_spp.htm. Acceso: 20 julio 2020
34. Sims K, Funderburk J, Boucias D. Host-parasite biology of *Thripinema fuscum* (Tylenchida: Allantonematidae) and *Frankliniella fusca* (Thysanoptera: Thripidae). Jour. Nematol. 2005; 37(1):4-11.
35. Arthurs S, Heinz KM. Thrips parasitic nematode *Thripinema nicklewoodii* (Tylenchida: Allantonematidae) reduces feeding, reproductive

- fitness and Tospovirus transmission by its host, *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae). Environ. Entomol. 2003; 32(4):853-858.
36. Sims KR, Funderburk JE, Reitz SR, Boucias DG. The impact of a parasitic nematode, *Thripinema fuscum*, on the feeding behavior and vector competence of *Frankliniella fusca*. Entomologia Experimentalis et Applicata. 2009; 132:200-208. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1570-7458.2009.00884.x>
37. Lim UT, Van Driesche RG, Heinz KM. Biological attributes of the nematode, *Thripinema nicklewoodi*, a potential biological control agent of Western Flower Thrips. Biological Control. 2001; 22:300-306. <http://dx.doi.org/10.1006/bcon.2001.0979>
38. Funderburk J. Ecology of Thrips. En: R Marullo, L Mound (Ed.). Thrips and tospoviruses: Proceedings of the 7th International Symposium on Thysanoptera. ANIC, Canberra, Australia; Università degli Studi Mediterranea di Reggio Calabria, Italy. 2002:121-128. ISBN: 0-9750 206-0-9. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/281003047_Thrips_and_Tospoviruses_Proceedings_of_the_7th_International_Symposium_on_Thysanoptera acceso: 15 junio 2021
39. Lysaught AM. An ecological study of a thrips (*Aptinothrips rufus*) and its nematode parasite (*Anguillulina aptini*). J. Anim. Ecol. 1937; 6:169-192.
40. Murali S. Nematode infecting thrips and their utilization in Pest Management: A Review. Trends in Biosciences. 2013; 6(3):227-229.
41. Arthurs S, Heinz KM, Thompson S, Krauter PC. Effect of temperature on infection, development and reproduction of the parasitic nematode *Thripinema nicklewoodi* in *Frankliniella occidentalis*. BioControl. 2003; 48:417-429.
42. Mason JM, Heinz KM. Biology of *Thripinema nicklewoodi* (Tylenchida), an obligate *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera) parasite. Jour. Nematol. 2002; 34(4):332-339.
43. Dunford K, Becnel J, Funderburk J, Boucias D. Pathogenicity of *Thripinema fuscum* Tipping & Nguyen (Tylenchida: Allantonematidae) infecting *Frankliniella fusca* (Hinds) (Thysanoptera: Thripidae). Proceedings XXIII International Congress of Entomology International Convention Centre, Durban. 2008:244.
44. Lim UT, Van Driesche RG. Population dynamics of nematode transmission in western flower thrips on caged impatiens. Biological Control. 2004; 30:504-510.
45. Lim UT, Van Driesche RG. Assessment of augmentative releases of parasitic nematode *Thripinema nicklewoodi* for control of *Frankliniella occidentalis* in impatiens bedding plants. Environmental Entomology. 2004; 33(5):1344-1350. <http://dx.doi.org/10.1603/0046-225X-33.5.1344>
46. Arthurs S, Heinz KM. *In vivo* rearing of *Thripinema nicklewoodi* (Tylenchida: Allantonematidae) and prospects as a biological control agent of *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) J. Econ. Entomol. 2002; 95(4):668-674.
47. Dara SK. The New Integrated Pest Management Paradigm for the Modern Age. Jour. Integrated Pest Management. 2019; 10(1):1-9 <http://dx.doi.org/10.1093/jipm/pmz010>

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

Contribución de la autora: Mayra G. Rodríguez Hernández: Coconceptualización, 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/)