

Nematodos parásitos que afectan *Phaseolus vulgaris* L.- en Latinoamérica y Cuba: especies, daños y tácticas evaluadas para su manejo



Parasitic nematodes affecting *Phaseolus vulgaris* L.- in Latin America and Cuba: species, damage, and evaluated management tactics

<http://opn.to/a/kgCht>

Daine Hernández-Ochandía¹, Mayra G. Rodríguez Hernández^{1*}, Ricardo Holgado²

¹Laboratorio de Nematología Agrícola, Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria (CENSA). Apdo 10, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba

²Norwegian Institute of Bioeconomy Research (NIBIO), Norway

RESUMEN: El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) constituye un valioso alimento para la población de Latinoamérica; entre las numerosas plagas que lo afectan en la región están los nematodos parásitos de plantas (NPP) o fitonematodos. Los objetivos de este trabajo fueron analizar y resumir la información disponible acerca de las relaciones nematodos parásitos de plantas (NPP) - *P. vulgaris* en América Latina, profundizando en los avances, problemas y perspectivas del tema en Cuba, como un aporte a la preparación del personal vinculado a la producción y al manejo de nematodos en los frijoles que se producen para ser consumidos como grano seco. Se analizó la información contenida en las bases de datos SciELO, Scencedirect y otros repositorios, donde se constató que en la región parasitan el frijol *Meloidogyne arenaria* (Neal) Chitwood, *Meloidogyne decalineata* Whitehead, *Meloidogyne ethiopica* Whitehead (syn. jun. *Meloidogyne brasiliensis*), *Meloidogyne hapla* Chitwood, *Meloidogyne incognita* (Kofoid y White) Chitwood, *Meloidogyne inornata* Lordello, *Meloidogyne javanica* (Treub) Chitwood, *Meloidogyne luci* Carneiro et al., *Meloidogyne phaseoli* Charchar et al. y *Meloidogyne* spp., *Aphelenchoides besseyi* Christie, *Nacobbus aberrans* (Thorne) Thorne y Allen y *Pratylenchus* spp. En los estudios recibieron la mayor atención los aspectos relacionados con la evaluación de cultivares y otras tácticas como la preparación del suelo, el intercalamiento y el uso de agentes biológicos. La información analizada indicó que más de 45 genotipos de frijol mostraron algún nivel de resistencia a *Meloidogyne* spp. (nematodos agalleros), sobresaliendo el cultivar Aporé en estudios en Brasil y Triunfo-70 en Cuba, lo que revela la existencia de materiales promisorios para programas de mejoramiento del frijol que se ejecutan en esos países. La importancia estratégica de este cultivo para Cuba, considerado como prioritario para la seguridad alimentaria, impone la necesidad de profundizar en los estudios de la interacción NPP-*P. vulgaris*, como elemento básico para el adecuado manejo del cultivo.

Palabras clave: *Aphelenchoides*, control, frijol común, nematodos agalleros, *Nacobbus*, nematodos parásitos de plantas, resistencia.

ABSTRACT: The common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) is an important food source to Latin-American population, and the plant parasitic nematodes (PPN) are among the several pests that damage the crop. The objectives of the study were to analyze and summarize the available information concerning the relationships between PPN and *P. vulgaris* in Latin America, focusing on the difficulties and perspectives of this topic for Cuba, in order to provide a tool to be used for capacity building of stakeholders and management options for a secure production. The information for this study was collected from different accessible databases such as SciELO, Scencedirect and other repositories. The information obtained showed that the nematodes reported to be associated to common bean in the region studied were *Meloidogyne arenaria* (Neal) Chitwood, *M. decalineata* Whitehead, *M. ethiopica* Whitehead (syn. jun. *M. brasiliensis*), *M. hapla* Chitwood, *M. incognita* (Kofoid and White) Chitwood, *M. inornata* Lordello, *M. javanica* (Treub) Chitwood, *M. luci* Carneiro et al., *M. phaseoli* Charchar et al., *Meloidogyne* spp., the leaf nematode *Aphelenchoides besseyi* Christie, the false root knot nematode *Nacobbus aberrans* (Thorne) Thorne & Allen, and the root lesion nematode *Pratylenchus* spp. The attention received by these nematodes has been mostly on aspects related to the evaluation of cultivars and other tactics such as soil preparation, intercropping and the use of biological agents. It was found that more than 45 bean genotypes showed some level of resistance to *Meloidogyne* ssp. (root-knot nematodes species), outstanding the cultivars 'Aporé' in Brazil and 'Triunfo-70' in Cuba; the resistant genes in both cultivars could be useful in bean breeding programs for root-knot nematodes resistance in both countries. In Cuba, beans have a great importance in food security issues. It is necessary to increase the knowledge on the relationships between PPN and *P. vulgaris*, as a basic element for an adequate crop management in order to secure the crop production.

Key words: *Aphelenchoides*, control, common bean, root knot nematodes, *Nacobbus*, plant parasitic nematodes, resistance.

*Autor para correspondencia: Mayra G. Rodríguez Hernández. E-mail: mrguez@censa.edu.cu

Recibido: 09/07/2018

Aceptado: 26/09/2018

INTRODUCCIÓN

El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) representa una legumbre de importancia global como fuente nutricional y se proyecta que su demanda se incremente en los próximos años, debido a la tendencia actual de crecimiento de la población mundial y al aumento de su consumo (1). El frijol común es relativamente fácil de producir, además, tiene buen sabor, es versátil en su preparación, excelente suministro de proteínas, vitaminas y hierro, libre de colesterol y su consumo previene ciertas enfermedades (2,3). Estos cultivos poseen una relación simbiótica con bacterias del género *Rhizobium* que les permiten fijar nitrógeno, contribuyendo a mejorar la fertilidad de los suelos cuando los residuos son incorporados y constituyen importantes componentes en los sistemas de rotaciones de cultivos (2,4). Por la importancia del frijol en la alimentación en América Latina y Cuba, profundizaremos en los aspectos relativos a los cultivares que se producen para consumo como grano seco.

La denominación de *P. vulgaris* agrupa cientos de cultivares con decenas de nombres comunes y conocer las cifras exactas relacionadas con las áreas de siembra, los rendimientos por hectárea y los volúmenes totales de frijol a escala regional resulta complejo, pues las estadísticas ofrecidas por diferentes entidades son globales y, en numerosas ocasiones, no tienen en cuenta la producción de agricultura de subsistencia o de autoconsumo, que involucra a campesinos de bajos ingresos. Los datos ofrecidos para 2016 indicaron que en Latinoamérica (Centro América, Caribe y Sur América) se cultivaron 6 060 273 hectáreas y se produjeron 5 486 093 toneladas (5).

En años recientes se sembraron en Cuba más de 122 000 hectáreas de frijoles; entre 2016 y 2017 se obtuvieron unas 253 470 toneladas (6,7). Estos volúmenes de producción resultaron insuficientes para cubrir la demanda nacional, que se suple con importaciones. Numerosas causas inciden en que los rendimientos en Cuba estén por debajo de las potencialidades de los cultivares, entre ellos están los factores climáticos, tecnológicos, uso ineficiente de las tierras e incidencia de plagas (8); dentro del

conjunto de plagas, se encuentran los nematodos parásitos de plantas (NPP), organismos que son, a menudo, subestimados por los agricultores y técnicos en el país.

Los objetivos de este trabajo fueron analizar y resumir la información disponible concerniente a las relaciones NPP-*P. vulgaris* en América Latina y que se halla dispersa, profundizando en los avances, problemas y perspectivas del tema en Cuba, como un aporte a la preparación de investigadores y otros actores sociales vinculados a la producción y al manejo de nematodos en la producción de frijoles en la región y particularmente en Cuba.

PARTE ESPECIAL

Los resultados de recientes estudios con el uso de técnicas moleculares, que condujeron a la secuenciación del genoma completo del frijol común, indican que el frijol es originario de Mesoamérica y que la domesticación debió ocurrir, independientemente, en dos regiones geográficas, una en Mesoamérica y otra en los Andes (3,9), con una zona de diversificación en el área que ocupa actualmente Brasil (10).

En la región existen dos cultivos de importancia: el frijol (*P. vulgaris* L.) y el maíz (*Zea mays* L.), que desde tiempos ancestrales constituyeron despensas básicas para las culturas que habitaron la región; actualmente siguen siendo una fuente de alimentación muy importante en países de la región (10).

A escala mundial se reconoce que los NPP afectan las leguminosas, en especial a los frijoles, como parásitos directos o integrantes de complejos etiológicos junto a patógenos fungosos (4). Al revisar la literatura contenida en bases de datos como SciELO (<http://www.scielo.org>) en abril de 2018, se constató que contenía más de 1280 revistas de 14 países, 11 de Latinoamérica, pero solo 1782 artículos estaban relacionados con *P. vulgaris* y, de ellos, nueve eran concernientes a la interacción NPP - *P. vulgaris*; por otra parte, la base de datos Scencedirect (<https://www.sciencedirect.com>) identificó 2 887 artículos con alguna correspondencia con *P. vulgaris* y solo 15 tenían relación con los términos *P. vulgaris* y nematodos, lo que sugiere escasez de estudios en este tema.

Sin embargo, se comprobó que existen decenas de artículos que reflejan resultados de estudios desarrollados en la región, publicados en revistas no indexadas por estas dos bases de datos y que se encuentran ubicados en repositorios institucionales, a muchos de los cuales se tuvo acceso y se recogen en este artículo.

La información que se encontró para Latinoamérica proviene, mayoritariamente, de Brasil, en correspondencia con la importancia de este país como productor y consumidor de frijoles secos. Otros países como México, Costa Rica, Colombia y Venezuela informaron resultados del tema; mientras que, en la base de datos SciELO, se encontraron solo unas dos docenas de artículos desarrollados en Cuba relativos al frijol, su origen, comportamiento en campo y el movimiento “Mejoramiento Participativo de cultivares”; solo un artículo abordó el estudio de resistencia/susceptibilidad a *Meloidogyne incognita* (Kofoid y White) Chitwood de dos cultivares de frijol que se usan en el país (11).

Principales géneros y especies de nematodos parásitos de plantas que representen factores limitantes de la producción y rendimientos de *P. vulgaris* en Latinoamérica

Los informes de pérdidas en el cultivo, provocadas por determinadas especies de NPP, no son muy abundantes y, en numerosas ocasiones, se refieren a las legumbres (donde incluyen, además del frijol, otras leguminosas como soya *Glycine max* (L.) Merr.), indican que los nematodos de los géneros *Heterodera* Schmidt, *Meloidogyne* Goldi y otros, provocaron pérdidas globales de 13,1 % (12).

En Latinoamérica, Cardona *et al.* (13) refirieron que *M. incognita*, *Meloidogyne javanica* (Trueb.) Chitwood y *Pratylenchus scribneri* Steiner son factores limitantes de la producción de frijol; mientras que, a nivel de América, nematodos como *Meloidogyne* spp. y *Pratylenchus* spp. provocaron pérdidas de 90 % y entre 10 y 80 %, respectivamente (14,15,16), con pérdidas superiores en presencia de fenómenos de sequía (17), debido a que las plantas que son atacadas por nematodos tienen la raíces dañadas y se afecta la absorción de agua. Este daño se

incrementará en la región debido a que la sequía es común en esta área geográfica y al impacto del cambio climático que se espera en la región.

En zonas de América se informaron pérdidas en el rendimiento hasta de 90 %, causadas por nematodos del género *Meloidogyne* (16,18) y en Colombia se notificaron afectaciones al cultivo provocadas por *Heterodera glycines* Ichinohe (19). En Costa Rica, *Aphelenchoides besseyi* Christie, agente causal del “amachamiento” del frijol, provocó pérdidas del 70 al 91 % en rendimiento, en dependencia del cultivar afectado (20).

No hay estudios publicados en Cuba acerca de las pérdidas que provocan los nematodos en el frijol; aunque resulta importante obtener esos datos que ayudarían a ilustrar a los extensionistas y agricultores sobre la necesidad de manejar los NPP en el cultivo. Una encuesta a productores de frijol, que son considerados como líderes por la extensión de sus áreas, el cumplimiento de la disciplina tecnológica y los altos rendimientos, y que se realizó por investigadores en la provincia Mayabeque (datos no publicados), indicó que el 100 % de los entrevistados no consideró a los NPP como plagas o amenaza potencial para el frijol común, lo que conlleva a que no presten atención a su manejo ni consideren que pueden afectar los cultivos que le acompañan a este cultivo en secuencias de rotación.

Globalmente, se informaron especies de diversos géneros asociadas al frijol común, algunas de ellas de importancia regional como *Nacobbus aberrans* (Thorne) Thorne y Allen y representantes de los géneros *Meloidogyne*, *Heterodera*, *Pratylenchus* Filipjev, *Scutellonema* Andrassy, *Helicotylenchus* Steiner, *Tylenchorhynchus* Cobb, *Criconemella* De Grisse y Loof, *Aphelenchus* Bastian, *Hemicycliophora* de Man, *Trichodorus* Cobb, *Hoplolaimus* Dabay, *Dolichodorus* Cobb, *Ditylenchus* Filipjev y *Paratrichodorus* Siddiqi (4,21,22,23); no obstante, las especies de *Meloidogyne* y *Pratylenchus* se informaron como las más perjudiciales al frijol a nivel mundial (2,4,24).

En Cuba, se registró la presencia en el frijol de *Meloidogyne* spp., *Aphelenchoides* spp., *Criconemoides* spp., *Helicotylenchus multincinctus* (Cobb) Golden, *Helicotylenchus* spp., *Pratylenchus* sp., *Tylenchorhynchus* sp.,

Rotylenchulus sp., *Rotylenchulus reniformis* Linford y Olivera, *Paratylenchus* sp., *Pratylenchus vulnus* Allen y Jensen y *Tylenchus* sp. (25,26). Sin embargo, resulta necesario continuar estudios más detallados relacionados con la fauna de nematodos asociados al cultivo en el país y su efecto sobre el cultivo. Además, es preciso tener en cuenta el incremento en las áreas de producción abarcando suelos que estuvieron dedicados a otros cultivos, entre ellos la caña de azúcar, cultivo que es afectado por varias especies de NPP. De igual forma, se debe considerar que el frijol, como un cultivo de rotación, podría ser afectado y constituir buen hospedante de diversos géneros de nematodos nocivos, que causarán daños a los cultivos subsiguientes, como tabaco (*Nicotiana tabacum* L.) y papa (*Solanum tuberosum* L.).

Los nematodos agalleros (*Meloidogyne* spp.) representan plagas importantes del frijol a escala global (16). Se señala que *M. incognita*, *M. javanica* y *Meloidogyne arenaria* (Neal) Chitwood aparecen como las especies más comunes de este cultivo en América, África y Asia, y es poco probable que en algún país tropical o subtropical el cultivo no sea afectado por *Meloidogyne* (4). En la región, se informaron diversas especies de nematodos agalleros parasitando el frijol (Tabla 1), que producen disímiles niveles de daños, lo que evidencia que *M. incognita* se encuentra en varios países;

mientras que Brasil es el país de la región con mayor número de especies de *Meloidogyne* asociadas al frijol común, donde se señaló que *Meloidogyne brasiliensis* Charchar & Eisenback, es sinónimo junior de *Meloidogyne ethiopica* Whitehead (27).

Síntomas y daños provocados por los nematodos parásitos de plantas importantes en *P. vulgaris*

Los nematodos afectan las raíces, provocan desórdenes en el sistema vascular, reducen la penetración de las raíces en el perfil de suelo e incrementan el impacto negativo de los estreses de humedad en la salud de las plantas; también disminuyen o suprimen la nodulación, reduciendo la fijación de nitrógeno y participan, junto a patógenos fungosos, en enfermedades complejas, todo lo cual provoca disminución de los rendimientos en diversas partes del mundo (2,4,16,40).

Los daños que *Meloidogyne* spp. inducen en los cultivos dependen de la especie/raza de nematodo, el genotipo vegetal y las condiciones del cultivo; afectan la nutrición y el flujo de agua que conduce al debilitamiento de la planta, la disminución de los rendimientos y, en ocasiones críticas, a la muerte.

Varón *et al.* (24) señalaron que las plantas parasitadas por *Meloidogyne* se presentan, generalmente, distribuidas en parches en el

TABLA 1. Especies de nematodos agalleros que se encontraron asociados a *P. vulgaris* en diversos países de Latinoamérica / *Species of root knot nematodes associated with P. vulgaris in Latin-American countries*

Especies de nematodos agalleros	Países donde están informadas	Referencias
<i>M. arenaria</i>	Argentina, Colombia, Cuba	26, 28, 29
<i>Meloidogyne decalineata</i> Whitehead	Argentina	29,30
<i>M. ethiopica</i> (syn. jun. <i>M. brasiliensis</i> Charchar & Eisenback)	Brasil	31
<i>Meloidogyne hapla</i> Chitwood	Colombia, Cuba	26, 28
<i>M. incognita</i>	Argentina, Brasil, Colombia, Cuba, Perú, México, Venezuela	26, 28, 29, 32, 33, 34
<i>Meloidogyne inornata</i> Lordello	Brasil	35
<i>M. javanica</i>	Argentina, Colombia, Cuba, Perú, Venezuela	26, 28, 29, 34
<i>Meloidogyne luci</i> Carneiro <i>et al.</i>	Brasil	36
<i>Meloidogyne phaseoli</i> Charchar <i>et al.</i>	Brasil	37
<i>Meloidogyne</i> spp.	Costa Rica, Cuba, México, República Dominicana, Venezuela	22, 26, 34, 38, 39

campo, donde el frijol manifiesta clorosis y raquitismo de la parte aérea, las hojas exhiben necrosis en los bordes y marchitamiento en las horas de mayor intensidad solar. En el sistema radicular de las plantas se producen agallas, engrosamientos y decrece el número de raíces secundarias. Cuando la infestación es severa, las raíces se convierten en una masa de agallas y puede ocurrir la muerte de las plantas; si la profundidad de siembra de la semilla es superior a la normal, el tejido del hipocotíleo puede ser atacado por los nematodos y también presentar agallas. El tamaño de las agallas en las raíces de *Phaseolus* spp. depende de la especie de nematodo agallero que lo ataca, muchas veces son agallas que no se detectan, solo se observa la masa de huevos (4); pero también se pueden presentar severo agallamiento de las plantas.

Las especies de *Meloidogyne*, al infectar la planta, hace que se formen las llamadas células gigantes, que son especializadas para su alimentación. Una vez que se inicia una célula gigante, esta viene a formar parte integral de la raíz y no pueden ser desprendidas sin llegar a romperla, lo que permite diferenciarlas de los nódulos bacterianos, situados en el eje longitudinal de la raíz que pueden ser removidos fácilmente, elemento que deben dominar los extensionistas y agricultores para diferenciarlos entre sí. Algunas especies de nematodos pueden consumir el contenido de los nódulos bacterianos y dejarlos expuestos a la infección de otros microorganismos como bacterias, hongos y otros nematodos (24).

En el caso de infestaciones del nematodo de la lesión (*Pratylenchus* spp.), los síntomas en la parte aérea de la planta de frijol son similares a los causados por las especies del género *Meloidogyne* (24). Las plantas afectadas por especies de *Pratylenchus* presentan clorosis, raquitismo y marchitamiento y, generalmente, se encuentran distribuidas en parches en el campo cultivado; mientras que, en las raíces, provocan lesiones al alimentarse de los tejidos epidérmicos y corticales de las raíces jóvenes; las lesiones son de color café o negro, las cuales, posteriormente, pueden ser atacadas por microorganismos, como hongos y bacterias.

El nematodo foliar *A. besseyi* es importante solo a escala regional, en Costa Rica causa la

enfermedad denominada “amachamiento” del frijol (20,41), sus síntomas son lesiones necróticas y deformación foliar, disminuyen la cantidad de flores (por aborto), deformación de la vena central y la lámina foliar. Las plantas infestadas muestran pocas o ninguna vaina, las que presentan un color verde oscuro (20).

Estudios necesarios para el manejo de nematodos parásitos de plantas en frijol común en Latinoamérica y Cuba: un breve acercamiento

El conocimiento relativo a los aspectos del sistema cultivo-plaga constituye la base para las decisiones del manejo de plagas (42) y la predicción del impacto de los nematodos en los rendimientos del cultivo ofrecerá bases racionales para esta actividad (43). Sin embargo, el manejo de los NPP no es sencillo, partiendo del hecho que son habitantes del suelo, un ambiente muy complejo; en zonas tropicales y subtropicales pueden producir varias generaciones al año; tienen diferentes razas biológicas, forman parte de comunidades donde coexisten varias especies de nematodos asociadas al mismo hospedante. Asimismo, hay especies polífagas, migratorias y sedentarias, algunas participan en complejos etiológicos junto a bacterias y hongos (44).

Seinhorst (45) desarrolló la función de daño de punto crítico en 1965 e incorporó el límite de tolerancia (T), el rendimiento mínimo (m) y la competencia intraespecífica entre nematodos, para explicar el daño provocado por las poblaciones de nematodos con el incremento de la densidad poblacional de estos; ese modelo se extendió para describir la influencia de algunas especies de nematodos sobre los rendimientos de los cultivos (44).

Conociendo que el impacto de los NPP sobre la salud de las plantas y los rendimientos del cultivo varían de una región a otra, influenciado por el contexto del cultivo (genotipo, características del suelo, intensidad del cultivo), la estructura de las comunidades de nematodos y las condiciones ambientales, entre otros, resulta imprescindible desarrollar estudios para determinar la relación de una especie/raza/población de nematodos con un genotipo de planta, para determinar los valores de T , m y umbral económico (E).

En América Latina, Sosa-Moss y Torres (46) informaron que los niveles poblacionales progresivos de *M. incognita* afectaron el crecimiento del frijol cv. 'Black Valentine'. Posteriormente, sendos estudios ratificaron que el nivel de tolerancia está relacionado con la interacción cultivar de *P. vulgaris* y la especie/población del nematodo; así por ejemplo, para poblaciones de *M. javanica* de Brasil, *T* fue de 1 huevo/cm³ de suelo (47) y para *M. incognita* en Venezuela, los valores de *T* estuvieron entre 0,02 y 0,03 huevos/cm³ de suelo (48). Santo *et al.* (49) evaluaron la patogenicidad de 11 densidades poblacionales de *M. inornata* en el cultivar de frijol 'Tuiui' y estimaron el valor de *T* en 9,9 huevos/cm³ de suelo.

Otros estudios significativos, como el ciclo de vida de especies importantes, ofrecen elementos para el manejo. En Brasil se determinó que el ciclo de vida de *M. inornata* se completó entre 24 días (25°C) y 31 días (18°C) en el cv. 'IPR Tuiuiú' (50), ratificando que las temperaturas influyen en la extensión del ciclo de vida. Estudios en México del *N. aberrans*, con respecto a biología e histopatología en diversos cultivares de frijol, indicaron que los juveniles del cuarto estadio están presentes a los 105 después de la inoculación, lo que sugiere que algunos cultivares poseen mecanismos de defensa post-infestiva que se activan cuando el nematodo se establece en las raíces, obligándolo a detener su desarrollo; mientras que, en el cultivar 'Canario', pasados los 100 días se encontraron hembras adultas en agallas (51,52).

En Cuba, donde los productores subvaloran, a menudo, el efecto nocivo de los nematodos en el cultivo del frijol común, resulta imprescindible realizar investigaciones de niveles de daño para establecer medidas de manejo. Asimismo, existe la necesidad de realizar estudios del ciclo de vida en el país.

Interacciones nematodos-patógenos fúngicos en el frijol

Los nematodos agalleros incrementan, generalmente, la severidad de las enfermedades causadas por hongos (2), lo que evidencia la presencia de complejos etiológicos en frijol. El manejo de estos complejos con el uso de cultivares resistentes resulta difícil pues, en

numerosas ocasiones, la presencia de uno de los organismos hace que la resistencia se inactive, para uno o ambos organismos.

En Brasil se evaluaron las respuestas de cultivares resistentes y susceptibles a *Fusarium oxysporum* f sp. *phaseoli* (Fop) Kendrick & Snyder, junto a *M. incognita* raza 3 y se constató que el cultivar "Aporé" fue resistente a *M. incognita* y Fop; mientras que, las líneas resistentes al nematodo 'ESAL 522' y 'ESAL 519', fueron susceptibles a Fop. Simão *et al.* (53) señalaron que los nematodos agalleros, en especial *M. javanica* y los hongos del suelo como *F. oxysporum* f. sp. *phaseoli*, pueden ser responsabilizados por la baja productividad del frijol. También evaluaron nueve cultivares y dos líneas de frijol frente a *M. javanica* y Fop solos o en combinación, y constataron que nueve genotipos fueron susceptibles al nematodo (Tabla 2), así como que el cultivar 'Pérola' perdió su resistencia a Fop cuando los nematodos y el hongo actuaron de forma conjunta.

La problemática de NPP-frijol y la presencia de enfermedades complejas que involucran a Fop avalan la necesidad de este tipo de estudio en Cuba, teniendo en cuenta que este hongo está afectando el frijol en el país (25).

Manejo cultural

Las buenas prácticas agronómicas y culturales contribuyen a compensar el daño de los NPP y a mantener las densidades poblacionales de nematodos a niveles bajos, entre ellas, la preparación de suelo, el uso de cultivares resistentes, la rotación de cultivos, los policultivos, el manejo del riego y las coberturas, la nutrición y el manejo del cultivos (fechas de siembra, densidad), entre otras.

Preparación de suelo: en Brasil se determinó que la remoción del suelo y su irrigación, 14 días antes de la siembra, disminuyó las poblaciones de *M. incognita* en el frijol y aumentó sustancialmente los rendimientos (54), lo que puede estar relacionado con la susceptibilidad de los nematodos a fuerzas físicas, como calor y rayos UV, que los que alcanzan cuando el suelo es removido.

Rotación de cultivos, cultivos intercalados y uso de extractos de plantas: la Alelopatía es un fenómeno de interferencia que ocurre

naturalmente entre organismos y que se utiliza en el manejo de arvenses y plagas agrícolas. Este fenómeno puede ser explotado en favor de los agricultores en las rotaciones, el uso de cultivos intercalados, los cultivos de cobertura, el arrope, los extractos de plantas o incorporando material vegetal a los sistemas como enmiendas verdes, entre otras (55).

Las rotaciones pueden disminuir las poblaciones de nematodos, si se utilizan plantas no hospedantes, por no proveer fuentes adecuadas de alimentación (lo que sería una supresión pasiva); mientras que los cultivos alelopáticos disminuyen los nematodos por la producción de compuestos tóxicos (supresión activa) y el uso de estas plantas, con principios alelopáticos, estará determinado por las consideraciones económicas y de eficacia en el manejo de la plaga (56).

La alelopatía será ejemplificada en este trabajo a través de las tácticas: rotación de cultivos, cultivos intercalados y uso de extractos de plantas.

Rotaciones: Bridge y Starr (16) señalaron que las rotaciones de cultivos son efectivas para el manejo de algunas especies de nematodos agalleros en los frijoles, no así para *M. incognita* y *M. javanica* que poseen numerosos hospedantes.

Cultivos intercalados: en las zonas altas de Guatemala se comprobó que el maíz (*Zea mays* L.) y el frijol, asociados con diferentes plantas, *Vicia faba* L., *Brassica oleracea* L., *Coriandrum sativum* L., *Amaranthus cruentus* L. y *Physalis pruinosa* L., no produjeron aumentos significativos en las poblaciones de nematodos que pudieran afectar al maíz o frijol, por lo que se consideran sistemas de producción factibles para esas zonas (57). Otra investigación, desarrollada por Cunha *et al.* (58), evidenció que la inclusión de plantas antagonistas, como *Urochloa* (syn. *Brachiaria*) *ruzizensis* (German & Evrard) Crins o de plantas pobres hospedantes de nematodos, fue necesaria en los sistemas de cultivos para reducir las poblaciones de nematodos y maximizar los rendimientos de frijol y maíz. Estos hallazgos ratifican la necesidad de realizar estudios para poder recomendar rotaciones efectivas, de acuerdo a las condiciones y comunidades de nematodos en cada lugar.

En Cuba, el frijol se utiliza en rotaciones (59,60) y policultivos (59), resultando imprescindible conocer el comportamiento de todos los cultivares de frijol frente a las especies de nematodos agalleros informados en el país, de manera que se haga un uso eficiente de ambas tácticas y de los cultivares.

Extractos de plantas: algunos estudios de laboratorio en El Salvador, que tienen como salida práctica el uso de plantas (como cultivos intercalados), enmiendas o extractos, comprobaron que los extractos de ajo (*Allium sativum* L.), marygold (*Tagetes* sp.) y papayo (*Carica papaya* L.) provocaron mortalidad de juveniles de *M. incognita* procedentes de plantas de frijol (61).

Resistencia de genotipos de *P. vulgaris* ante especies de nematodos: la resistencia a NPP es identificada y caracterizada por la inhibición de la reproducción del nematodo (62), depende de la sensibilidad del hospedante, las densidades poblacionales del nematodo y la temperatura, entre otros factores.

El crecimiento de cultivares resistentes ofrece una alternativa de manejo ambientalmente amigable y es una táctica que se puede utilizar en agricultura de altos y bajos insumos. El frijol se desarrolla en Latinoamérica y el Caribe en ambas condiciones y el uso de cultivares resistentes representa una alternativa muy favorable para grandes extensiones y pequeñas parcelas. El uso de cultivares resistentes posee importancia adicional, pues el frijol representa un cultivo de rotación en diversas regiones, donde contribuye a incrementar la fertilidad de los suelos; si los genotipos utilizados en los esquemas de rotación permiten la reproducción de los nematodos (susceptibles) se incrementarán las poblaciones en los suelos para el cultivo sucesor.

Para encontrar genotipos de *P. vulgaris* resistentes a NPP, se realizaron estudios en diversos países de América Latina, con mayor número de investigaciones relacionadas con especies y razas de nematodos agalleros. (Tabla 2)

Brasil constituye el país de la región donde se evaluó la mayor cantidad de cultivares de frijol frente a nematodos agalleros y se evidencia que el cultivar 'Aporé' resultó resistente a *M. incognita*, *M. enterolobii* y *M. javanica* (Tabla 2), en un país

TABLA 2. Sumario de la información generada en América Latina y el Caribe acerca de resistencia / susceptibilidad de cultivares, líneas y accesiones de frijol (*P. vulgaris*) frente a poblaciones de nematodos presentes en países de Latinoamérica. / *Summary of the produced information concerning resistance / susceptibility of common bean (P. vulgaris) cultivars, lines and accessions (P. vulgaris) to nematode populations in Latin-American countries*

Especie de nematodo	Cultivares con reacciones susceptibles	Cultivares con reacciones resistentes (en diferentes niveles)	Ref.
<i>A. besseyi</i>	Bribri, Chánguena, Cabécar, Gibre, Chirripó, Guaymí, Brunca		20
<i>M. arenaria</i> raza 2	BAT 482 (Chévere), BAT 304, BAT 58 (Tazumal), Bonita 11, Cuba C-25-9-N, Cuba C-25-9-R, Guamá 23, ICAPIjao, Velasco largo, BAT 53, BAT 518, Güira 89, Hatuey, M 112, Red Clover, Vi-car 101, Kam 3c-2, Kam 112		63
<i>M. enterolobii</i>	IPA-9', ICAPIjao; Macarrão, Atibaia y Macarrão Favorito, Macarrao Preferido, Macarrao Rasteiro, Macarrao Rasteiro conquista, Ouro Negro, Talisma, Macarrao Rasteiro Dourado, Macarrao Trepador	Aporé, 'MGM-10-02-35', MGM-10-02-35	64 , 65 , 66 , 67
<i>M. hapla</i>	BAT 482 (Chévere), BAT 304, BAT 58 (Tazumal), Bonita 11, Cuba C-25-9-N, Cuba C-25-9-R, Guamá 23, ICAPIjao, Velasco largo, BAT 53, BAT 518, Güira 89, Hatuey, M 112, Red Clover, Vi-car 101, Kam 3c-2, Kam 112	Nemasnap, A211, A252, A445, G2587, G 4823, G6278, G 12727	28 , 63
<i>M. incognita</i>	Canario Dixer, HAB 403, BRS Campeiro, FT Soberano, IPR Chopim, IPR 139, BRS Estilo, BRS Radiante, IAPAR 81, IPR Tuiuiu, BRS Xamego, IPR Uirapuru, IPR Corujinha, IPR Juriti, BRS Agreste, IPR Grauna, IPR Tiziu, BRS Esplendor, IPR Gralha, IPR Tangara, IAC Diplomata, BRS Valente, Pérola, Córrego Alto, Amarelinho y BAT-306, FORT-19	BAT 1297, A 252, A 211, HAB 402, 408, 411, 428; FORT-10, FORT-13, Aporé, FORT-16, Nemasnap; RITZ 30, A252, A 445, G 2587, G6278, G 12727, Triunfo 70	11 , 28 , 38 , 68 , 69 , 70
<i>M. incognita</i> raza 1	EL-22, BATT- 477, Vermelho, Bate Estrada, Rico 23, Morgado; BAT 482 (Chévere), BAT 304, BAT 58 (Tazumal), Bonita 11, Cuba C-25-9-N, Cuba C-25-9-R, Guamá 23, ICAPIjao, Velasco largo, BAT 53, BAT 518, Güira 89, Hatuey, M 112, Red Clover, Vi-car 101, Kam 3c-2, Kam 112	Aporé, Talisma, Preto Meia Lua, Terrinha-2, Mulatinho; FORT-10, FORT-13, FORT-16, Ouro Negro	63 , 71 , 72
<i>M. incognita</i> raza 2	Engopa 202 Rubi, Ipr Juriti y Brs Magestoso, BAT 482 (Chévere), BAT 304, BAT 58 (Tazumal), Bonita 11, Cuba C-25-9-N; Cuba C-25-9-R, Guamá 23, ICAPIjao, Velasco largo, BAT 53, BAT 518, Güira 89, Hatuey, M 112, Red Clover, Vi-car 101, Kam 3c-2, Kam 112	BRS Requite, BRS Pontal, CNFC 10470, IPR Tangará, IPR Colibri, Princesa, IPR Siriri, Aporé	63 , 73
<i>M. incognita</i> raza 3	BAT 482 (Chévere), BAT 304, BAT 58 (Tazumal), Bonita 11, Cuba C-25-9-N, Cuba C-25-9-R, Guamá 23, ICAPIjao, Velasco largo, BAT 53, BAT 518, Güira 89, Hatuey, M 112, Red Clover, Vi-car 101, Kam 3c-2, Kam 112, FORT-19	Aporé, Talisma, Manoa Wonder, A55, Nemasnap, A211, A 252, FORT-10, FORT-13, FORT-16, Rico 23, Pérola, Ouro Negro	63 , 71 , 74 , 75
<i>M. inornata</i>	IPR Curio, Carioca, BRS Requite, BRS Talisma, BRS Princesa, IPR Tangara, IAC Alvorada, IAPAR 81, IPR Corujinha, IPR Siriri, FT 65, BRS Pioneiro, BRS Horizonte, Perola, BRS Pontal, IPR Garca, e IPR Andorinha		49
<i>M. javanica</i>	Iapar 81; HAB 403; Pérola, FORT 10, Aporé; Rubi, IPR Graúna, Xamego, IPR Juriti, IAPAR 14, IPR Uirapuru, IPR Chopim y líneas: LP99-85 y LP98-123, BAT 482 (Chévere); BAT 304; BAT 58 (Tazumal); Bonita 11; Cuba C-25-9-N; Cuba C-25-9-R; Guamá 23; ICAPIjao, Velasco largo, BAT 53, BAT 518, Güira 89, Hatuey, M 112, Red Clover, Vi-car 101, Kam 3c-2, Kam 112	Feijão Carioca, HAB 402, 408, 411, 428; Aporé, Talisma; Hav 06, Hav 11, Hav 28, Hav 50, Hav 69, Torino, FORT-19, Rico-23, FORT-16, FORT-13, Ouro Negro	18 , 46 , 53 , 63 , 69 , 71 , 74 , 76
<i>M. paranaensis</i>		Hav 06, Hav 11, Hav 28, Hav 50, Hav 69, Torino	18
<i>Pratylenchus jaehni</i> Inserra et al.		IAPAR 81, IPR Siriri, IPR Juriti	77

donde se desarrolla un programa de mejoramiento para el frijol común (66).

En Cuba, donde menos del 25 % de los cultivares se evaluaron frente a las principales especies de nematodos (11,63), se encontró que el cultivar 'Triunfo-70' mostró resistencia a *M. incognita* (11), lo que sugiere que deben intensificarse en el país los estudios de la relación *P. vulgaris-Meloidogyne* y considerar que aún faltan por evaluar más del 70 % de los cultivares registrados en el país.

Según Blair y Longaridos (10), los genotipos cubanos nativos pueden haber desarrollado tolerancias a estreses abióticos, incluyendo suelos infértiles y sequía. La "trayectoria genética" observada en el material cubano, en términos de fuentes de germoplasma, adaptación climática y preferencia de los consumidores, pueden ser la base de los cruzamientos y liberación de variedades hacia otros países e islas del Caribe (10). Teniendo en cuenta lo indicado antes, los estudios de estos genotipos frente a nematodos parásitos aportarán información valiosa, tanto para agricultores como para investigadores vinculados a los programas de mejoramiento.

La información de la mayor parte del listado de genotipos con resistencia a poblaciones de *Meloidogyne* spp., que se expone en este estudio (Tabla 2), se generó en experimentos controlados; por ello es necesario evaluar el comportamiento de estos cultivares en estudios de campo, teniendo en consideración lo indicado por Sikora *et al.* (4) acerca de que hay errores en las interpretaciones de resultados de ese tipo de experimento en condiciones semicontroladas.

La evaluación de cultivares en campo y la selección de genotipos promisorios por los propios agricultores, generaron en Cuba el concepto de "Ferias de Biodiversidad", las que están encaminadas a propiciar la participación activa de los agricultores en la selección de los cultivares que desean producir en sus fincas (78). Este tipo de actividad debería ser utilizada también para evaluar la percepción de los agricultores sobre la relación del frijol y NPP en sus zonas, e inducirlos a realizar la evaluación en campo del cultivar 'Triunfo-70'.

Control biológico: el control biológico (o biocontrol, que es sinónimo) se ha definido de diversas formas; sin embargo, un concepto muy

utilizado y aceptado establece que es "el uso de organismos vivos para suprimir la densidad de población o impacto de una plaga específica, haciéndola menos abundante o menos perjudicial". Esta definición incluye depredadores, parasitoides, nematodos, hongos, bacterias, protozoos y virus; están excluidos del concepto, los genes o fragmentos de genes sin un organismo vivo y los metabolitos producidos por estos, los que simplemente deben agruparse como 'control biorracional' (79).

Teniendo en cuenta este concepto, un grupo de resultados vinculados al estudio de organismos, como hongos y bacterias que se utilizaron para el manejo de nematodos y las denominadas bacterias promotoras del crecimiento vegetal (BPDV), se incluyen en este acápite.

Algunos investigadores, relacionados con el manejo de plagas, centran sus esfuerzos en desarrollar insumos alternativos a los plaguicidas químicos. Entre estas alternativas, el control biológico representa una importante herramienta emergente para el manejo de plagas en la agricultura sostenible (80).

Un reciente estudio (81) señaló que el control biológico, una práctica utilizada en Asia y Oriente Medio desde hace miles de años, se aseguró una posición entre los enfoques más sostenibles y efectivos del manejo de plagas; se implementó en países en desarrollo, emergentes y desarrollados. Sin embargo, a pesar del entendimiento que se posee del potencial del control biológico, los éxitos alcanzados en la práctica, su adecuada relación costo-beneficio y su sostenibilidad, esta táctica continúa siendo un componente pequeño del control de plagas a escala global. Este artículo reveló que cuatro de cada cinco artículos, relacionados con el control biológico de patógenos, se trataban de hongos antagonistas de NPP, pero estos estudios resultaron escasos en la región en el cultivo de frijol.

Se reconoce la necesidad de efectuar estudios de cepas nativas de agentes de control biológico en la región, que fortalecerán la relación entre investigación e implementación de programas efectivos de control biológico y ofrecer a los agricultores bioproductos que contribuyan a disminuir las poblaciones de nematodos en los agroecosistemas donde se cultiva frijol.

En países de la región se evaluaron cepas/ aislamientos de hongos y bacterias con resultados variables. Así por ejemplo, en Brasil se evaluó, en condiciones semicontroladas, el efecto de *Trichoderma harzianum* Rifai cepa 6T, *Trichoderma pseudokoningii* Rifai cepa 2T y *Purpureocillium lilacinum* (Thom) Luangsa-ard, Houbaken, Hywel-Jones & Samson (ex *Paecilomyces lilacinus* (Thom) Samson) sobre *M. incognita* en frijol 'Engopa Ouro', observando que en las plantas tratadas con *Trichoderma* se produjo menor número de agallas y factor de reproducción (82). Los tratamientos de semillas de frijol cv. 'IAPAR-81' con abamectina, tiametoxam, difenoconazol y *T. harzianum* redujeron el factor de reproducción de *P. brachyurus*, *M. incognita* raza 3 y *M. javanica*, señalando que los mejores resultados se alcanzaron cuando se usó abamectina (83).

Otros hongos y bacterias antagonistas de nematodos se estudiaron en países de Latinoamérica; sin embargo, son muy escasas las investigaciones que relacionen a estos biorreguladores con el frijol común. Por ejemplo, el hongo *Pochonia chlamydosporia* var. *chlamydosporia* (Goddard) Zare & Gams se encontró en México infectando a *N. aberrans* y se estudió en laboratorio y condiciones semicontroladas donde colonizó las raíces de cultivares que poseen diferente comportamiento ante el nematodo; las plantas inoculadas con el hongo mostraron mayor desarrollo foliar y menores índices de agallas en las raíces (84), lo que sugiere su posible acción endofítica. Mientras que, en Cuba, otra variedad de esta especie, el hongo *Pochonia chlamydosporia* var. *catenulata* (Kamyschko ex Barron & Onions) Zare & Gams, evidenció efecto antagónico sobre *Meloidogyne* spp. en hortalizas y cultivos perennes, y su capacidad endofítica, que estimula el crecimiento de las plantas en cuyas raíces se encuentra (85), pero no se encontraron informes de su acción en frijol común.

En Ecuador se seleccionaron cepas de *Pasteuria penetrans* que resultaron efectivas contra *M. incognita* y *M. javanica* en *P. vulgaris* (86); sin embargo, se evidenciaron efectos adversos del frijol sobre este potencial agente de control biológico, pues los exudados radiculares de frijol cv. 'Carioca' redujeron la adhesión de

las esporas de *P. penetrans* a los juveniles de *M. incognita*, así como el número de hembras parasitadas del nematodo (87), lo que podría tener influencia negativa en la efectividad en campo de *P. penetrans* sobre *M. incognita*.

En Cuba se encontraron poblaciones de *P. penetrans* parasitando *Meloidogyne* spp. en cultivos permanentes y temporales (88), pero no existen informaciones acerca de la eficacia de esta bacteria en el manejo de nematodos agalleros en el frijol común.

El uso de Bacterias Promotoras del Crecimiento Vegetal (BPCV) mejora la salud de los suelos y la productividad de las plantas, induce la resistencia sistémica y contribuye a minimizar los efectos de fitopatógenos, entre otros efectos beneficiosos (89). Dentro del grupo de BPCV, los géneros *Pseudomonas* y *Bacillus* recibieron mucha atención en los últimos tiempos, con resultados variables (90), lo que corrobora la necesidad de hacer estudios de prospección, selección de agentes biológicos y de interacciones multitróficas, que involucren la planta hospedante, la plaga y el agente de control biológico, teniendo en cuenta las especificidades de los cultivos y su biota acompañante.

En Cuba, el estudio del efecto de la interacción BPCV- *P. vulgaris*- *Rhizobium* se abordó recientemente por Colás *et al.* (91) y se demostró que la coinoculación de aislados nativos de *Pseudomonas* y *Rhizobium* incrementó la nodulación, el crecimiento y los rendimientos del frijol, con respuesta diferencial entre los cultivares que evaluaron en campo. El efecto de otros organismos, como las micorrizas, se evaluó en Cuba con resultados favorables en el frijol, cuando se hizo la coinoculación de *Rhizobium* y hongos micorrízicos arbusculares (92).

En Cuba solo se usan, como agentes de control biológico en la tecnología de producción del frijol común, cepas de *Trichoderma* spp. aplicadas al suelo (60); no obstante, los elementos recogidos en este trabajo sugieren la necesidad de realizar estudios futuros en el país donde se evalúe el efecto de BPCV, micorrizas y agentes de control biológicos (*Trichoderma* spp., *P. chlamydosporia* var. *catenulata* y *P. penetrans*) sobre las poblaciones de NPP, de modo que aquellas especies/aislamientos que resulten eficaces agentes de control biológico o

promotores del crecimiento y salud de las plantas puedan incluirse, a corto plazo, en la estrategia de producción del frijol común.

La información consultada para elaborar este artículo evidenció que dos tácticas recibieron mayor atención en Latinoamérica con relación al manejo de NPP en el frijol: la resistencia del hospedante (con numerosos estudios de evaluación de genotipos en presencia de poblaciones de diversas especies de nematodos) y el control biológico (aislamiento, identificación y selección de organismos). Esto coincide con la tendencia señalada por McSorley (93) acerca de que ambas tácticas fueron áreas del conocimiento con incremento notable en las investigaciones nematológicas desde inicios del siglo XXI.

CONSIDERACIONES FINALES

Desde tiempos prehispánicos el frijol representa un alimento básico para los pobladores de América Latina y el Caribe. A pesar del incremento de las áreas destinadas al cultivo y la mejora de las tecnologías agrícolas de los últimos años, las producciones en diversos países no alcanzan a satisfacer la demanda. Entre los factores que limitan los rendimientos se encuentran los NPP, y entre ellos se podrían señalar a especies de *Meloidogyne* y *Pratylenchus* como organismos de importancia regional.

A pesar de los avances en los resultados con las evaluaciones de cultivares, de agentes de control biológico y otras tácticas culturales, los NPP continúan limitando las producciones, por lo que resulta imprescindible incrementar el conocimiento de la relación *P. vulgaris* - NPP para lograr suficientes elementos para un Manejo Integrado de Nematodos efectivo, lo que indica también que se deberán ampliar los estudios para establecer los límites de tolerancia de los diferentes cultivares a especies de NPP, profundizar en el estudio de los genotipos que mostraron resistencia a *Meloidogyne* spp., la selección y evaluación de eficacia de agentes de control biológico y el estudio del efecto de BPCV y micorrizas sobre la relación *P. vulgaris*-NPP, para fortalecer el manejo de plagas del frijol, lo que permitirá ofrecer a los agricultores alternativas eficaces y económicas.

En Cuba existen condiciones, de disponibilidad de talento humano e infraestructura, para desarrollar investigaciones multidisciplinarias, que permitan avanzar en el fortalecimiento de la agrocadena de este estratégico cultivo en aspectos relacionados con el manejo de plagas como los NPP.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a NIBIO en Noruega, por el apoyo brindado para realizar este trabajo; asimismo, por el apoyo recibido del Dr. Ricardo Holgado en la formación de recursos humanos en Cuba desde 2013 a 2018. Se agradece a la Dra. Belkis Peteira, Editora Asociada de la Rev. Protección Veg., por la revisión del artículo y sus valiosas sugerencias. Este trabajo se realizó en el marco del proyecto “Uso eficiente de genotipos de cultivos de valor estratégico y su respuesta ante especies de *Meloidogyne*” del Programa Nacional de Salud Animal y Vegetal del Ministerio de la Agricultura, Cuba.

REFERENCIAS

1. Bellucci E, Bitocchi E, Rau D, Rodriguez M, Biagetti E, Giardini A, Attene G, Nanni L, Papa R. Genomics of Origin, Domestication and Evolution of *Phaseolus vulgaris* In: Tuberosa R, Graner A, Frison E., Eds. Genomics of Plant Genetic Resources. Dordrecht: Springer; 2014. p. 483-507.
2. Askary TH. Diversity of Plant Parasitic Nematodes in Pulses. In: Ansari AA, Gill SS, Abbas ZK, Naeem M, Eds. Plant Biodiversity: Monitoring, Assessment and Conservation. CAB International; 2017. p. 239 -274.
3. Myers JR, Kmiecik K. Common Bean: Economic importance and relevance to biological science research. In: Pérez de la Vega M, Santalla M, Marsolais F., Eds. The Common Bean Genome. Springer; 2017.p. 1-20.
4. Sikora RA, Greco N, Velosa Silva JF. Nematode Parasites of Food Legumes. In: Luc M, Sikora RA, Bridge J, Eds. Plant Parasitic Nematodes in Subtropical and Tropical Agriculture. 2nd Edition. CAB International; 2005. p. 259-318.

5. FAOSTAT 2016. Disponible en: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC> (actualizada 21 de marzo, 2018) (Acceso: 16 de abril 2018)
6. Oficina Nacional de Estadísticas e Información (ONEI). Anuario Estadístico de Cuba 2016. Capítulo 9: Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca. Edición 2017. 32.pp
7. Oficina Nacional de Estadísticas e Información (ONEI). Cuba. Sector Agropecuario- Indicadores Seleccionados. Enero - Septiembre de 2017. Edición Diciembre de 2017. 13pp Disponible en: http://www.one.cu/publicaciones/05agropecuario/ppalesindsectoragrop/ppales_indsep17.pdf
8. Chailloux M, Hernández G, Faure B, Caballero R. Análisis y comentarios producción de frijol en Cuba: situación actual y perspectiva inmediata. *Agronomía Mesoamericana*. 1996; 7(2): 98-107
9. Di Vittori V, Bellucci E, Bitocchi E, Rau D, Rodríguez M, Murgia ML et al. Domestication and crop history. In: Pérez de la Vega M, Santalla M, Marsolais M. Eds. *The Common Bean Genome. Compendium of Plant Genomes*. Springer International Publishing AG; 2017. p 21-55.
10. Blair MW, Lorigados SM. Diversity of common bean landraces, breeding lines, and varieties from Cuba. *Crop Science*. 2016; 56: 1- 9. Doi.10.2135/cropsci2015.04.0213
11. Hernández-Ochandía D, Rodríguez MG, Miranda I, Hernández H, Holgado R. Reacción de los genotipos BAT-306 y Triunfo-70 de *Phaseolus vulgaris* L. a *Meloidogyne incognita* (Kofoid y White) Chitwood. *Rev. Protección Veg*. 2016; 31 (3): 224-227
12. Stirling G. The soil food web and the soil nematode community. In: Stirling G. (Ed.). *Biological control of plant-parasitic nematodes*, 2nd Edition. *Soil Ecosystem Management in Sustainable Agriculture*. CAB International; 2014. p. 48-76.
13. Cardona C, Flor CA, Morales FJ, Pastor MA. Problemas de campo en los cultivos de frijol en América Latina. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Serie CIAT No. 07SB-I (2a. ed.). 1982. 194 pp. ISBN 84-89206-13-9
14. Singh SP, Schwartz HF. Breeding common bean for resistance to insect pests and nematodes. *Can. J. Plant Sci*. 2011; 91: 239-250 doi:10.4141/CJPS10002
15. Hagedorn DJ, Inglis DA. Handbook of bean diseases. A3374. Cooperative Extension Publications. Madison, Wisconsin. RP-11-92-2M-600-S. 28pp. 1986. Disponible en: <http://learningstore.uwex.edu/assets/pdfs/A3374.PDF>
16. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Principales nematodos que atacan el frijol y su control; Guía de Estudio para ser usada como complemento de la Unidad Audiotutorial sobre el mismo tema. Contenido Científico: Varón de AF; Riedel MR y Programa de Frijol del CIAT-Fitopatología. Producción: Ospina, Héctor F. y Flor, Carlos A. Cali, Colombia. CIAT. 37p. (Serie 04SB-06.10). 1982.
17. Bridge J, Starr JL. Grain legumes. In: *Plant nematodes of agricultural importance*. Boston -San Diego, Academic Press; 2007. p 19-38
18. Baida FC, Santiago DC, Takahashi LSA, Athanázio JC, Cadioli MCC, Levy RM. 2011. Reação de linhagens de feijão-vagem ao *Meloidogyne javanica* e *M. paranaensis* em casa-de-vegetação. *Acta Scientiarum. Agronomy Maringá*. 2011; 33 (2): 237-241. DOI: 10.4025/actasciagron.v33i2.6146
19. Gómez Tovar J, Medina G. Heterodera glycines en soya y frijol en el Valle del Cauca, Colombia. *Nematropica*. 1983; 13: 229-237.
20. Chaves-Barrantes NF, Araya-Fernández CA. Pérdidas causadas por el amachamiento del frijol (*Aphelenchoides besseyi* Christie) y reacción del germoplasma comercial al patógeno. *Agronomía Mesoamericana*. 2012; 23(1):01-12.
21. Toledo R, Sharma C, Sosa-Moss C; Zavaleta-Mejias E. Host range of five Mexican populations of *Nacobbus aberrans*. *Nematropica*. 1993; 23: 105-108.
22. Velásquez R. Nematodos agalladores afectando hortalizas y otros cultivos en el Norte Centro de México. *Revista Mexicana de Fitopatología*. 2001; 19 (1): 107- 109.

23. Fourie H, Mc Donald AH, Steenkamp S, De Waele D. Nematode Pests of Leguminous and Oilseed Crops. In: Fourie H, Spaul V, Jones RK, Daneel MS De Waele D. Eds. Nematology in South Africa: A View from the 21st Century. Switzerland. Springer International Publishing. 2017. p. 201-230.
24. Varón de Agudelo F, Richard RM. Principales nematodos que atacan el frijol y su control. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Programa de Frijol del CIAT-Fitopatología. Cali, Colombia. Serie CIAT No. 04SB-06.10.1982. 37p.
25. Martínez E, Barrios Sanromá G, Rovesti L, Santos Palma R. Eds. Manejo Integrado de Plagas. Manual Práctico. Centro Nacional de Sanidad Vegetal (CNSV), Cuba. Editora Entre Pueblos, España. Grupo di Voluntariado Civile (GVC), Italia. 485 pp. 2006.
26. Fernández M, Ortega J. Lista de nematodos fitoparásitos de Cuba. Ciudad Habana, Cuba. Editorial Científico Técnica. 1986. 37pp
27. Monteiro JMS, Cares JE, Correa VR, Pinheiro JB, Mattos VS, Silva JGP, Gomes ACMM, Santos MFA, Castagnone-Sereno P, Carneiro RMDG. *Meloidogyne brasiliensis* Charchar & Eisenback, 2002 is a junior synonym of *M. ethiopica* Whitehead, 1968. *Nematology*. 2017; 1-15.
28. Mullin BA, Abawi GS, Pastor-Corrales MA, Korneagay JL. Reactions of selected bean pure lines and accessions to *Meloidogyne* species. *Plant Dis*. 1991; 75:1212-1216.
29. Hasselrot de Gómez TA. Reconocimiento de nematodos fitoparásitos asociados al cultivo del poroto (*Phaseolus vulgaris* L.) en el noroeste argentino. *Acta Zoológica Lilloana*. 1986; 38(2):107-111.
30. Doucet ME, Pinochet DJ. Occurrence of *Meloidogyne* spp. in Argentina. *Jour. Nematol*. 1992; 24(4S):765-770.
31. Bellé C, Kaspary TE, Groth MZ, Schmitt J, Kulczynski SM. Parasitization of the common bean (*Phaseolus vulgaris*) by *Meloidogyne ethiopica* in Southern Brazil. *Plant Disease*. 2016; 101 (3): 510. <http://dx.doi.org/10.1094/PDIS-06-16-0841-PDN>
32. Cid del Prado I, Tovar-Soto A, Hernández JA. Distribución de especies y razas de *Meloidogyne* en México. *Revista Mexicana de Fitopatología*. 2001; 19 (1): 32- 39.
33. Carneiro RMDG, Almeida MRA, Martins I, Souza JF, Pires AQ, Tigano MS. Ocorrência de *Meloidogyne* spp. e fungos nematófagos em hortaliças no Distrito Federal, Brasil. *Nematologia Brasileira*. 2008; 32(2): 135-141.
34. Crozzoli R. La Nematología Agrícola en Venezuela. Maracay, Venezuela. Ediciones de la Facultad de Agronomía Universidad Central de Venezuela. 2014. 536pp
35. Machado ACZ, Dorigo OF, Mattei D. First report the root knot nematode *Meloidogyne inornata* parasitizing common bean in Paraná State, Brazil. *Plant Disease*. 2013; 97 (3): 431. <https://doi.org/10.1094/PDIS-09-12-0832-PDN>
36. Carneiro RMDG, Correa VR, Almeida MRA, Gomes ACMM, Deimi AM, Castagnone-Sereno P, Karssen G. *Meloidogyne luci* n. sp. (Nematoda: Meloidogynidae), a root-knot nematode parasitising different crops in Brazil, Chile and Iran. *Nematology*. 2014; 16: 289-301.
37. Charchar JM, Eisenback JD, Charchar MJ, Boiteux MENF. *Meloidogyne phaseoli* n. sp. (Nematoda: Meloidogynidae), a root-knot nematode parasitising bean in Brazil. *Nematology*. 2008; 10(4): 525-538.
38. López R. Susceptibilidad comparativa de diez cultivares de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) al ataque de *Meloidogyne incognita*. *Agron. Costarr*. 1980; 4(1): 69-73.
39. Martínez M, Moreta D, de la Cruz P. Situación nematológica en el cultivo de frijol en el Valle de San Juan de la Maguana. Annual Meeting Caribbean Food Crops Society (CFCS) (Memorias). Santo Domingo, República Dominicana. 1979: 123-132.
40. Carneiro FF, Ramalho MAP, Pereira MJZ. *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli* and *Meloidogyne incognita* interaction in common bean. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*. 2010; 10: 271-274.
41. Morales F, Araya C, Hernández J, Arroyave J, Cuervo M, Velasco A, Castaño M. Etiología

- del "amachamiento" del frijol común en Costa Rica. Manejo Integrado de Plagas. 1999; 52:42-48.
42. Binns MR, Nyrop JP, van der Werf W. Basic concepts of decision-making in Pest Management. In: Sampling and modelling in crop protection. CAB International. 2000. p. 1-15.
43. Ferris H, Noling JW. Analysis and prediction as a basis for management decisions. In: Brown RH, Kerry BR, Eds. Principles and practice of nematode control in crops. Academic Press. 1987. p. 49- 85.
44. Perry RN, Moens M. Plant Nematology. CAB International. 2006. 447 pp. ISBN-10: 1-84593-056-8
45. Seinhorst JW. The relation between nematode density and damage to plant. Nematologica. 1965; 11:137-154.
46. Sosa-Moss C, Torres JM. 1973. Respuesta de frijol ejotero (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Black Valentine) a siete niveles de población de *Meloidogyne incognita* (Kofoid y White 1919) Chitwood 1949 (Nematoda: Heteroderidae). *Nematropica* 3(1): 17-18.
47. Sharma RD. 1981. Pathogenicity of *Meloidogyne javanica* to bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Società Brasileira de Nematologia* 5:137-144.
48. Crozzoli R, Greco N, Suarez CA, Rivas D. Pathogenicity of the root-knot nematode, *Meloidogyne incognita*, to cultivars of *Phaseolus vulgaris* and *Vigna unguiculata*. *Nematropica*. 1997; 27:61-67.
49. Santo DT, da Silva SA, Dorigo OF, Wilcken SR, Machado ACZ. Host-Parasite relationships in root-knot disease caused by *Meloidogyne inornata* in common bean (*Phaseolus vulgaris*). *Jour. Phytopathol.* 2016; 1-10. doi: 10.1111/jph.12494
50. Santo DT. *Meloidogyne inornata* em feijoeiro: aspectos biológicos e reação de cultivares. [Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrônomicas da UNESP - Campus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia (Proteção de Plantas)]. 60pp. 2015.
51. Martínez-Fuentes R, Tovar-Soto A, Torres-Coronel R. Penetración y establecimiento de *Nacobbus aberrans* [(Thorne 1933) Thorne y Allen), 1944] población Chapingo en cultivares de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Revista Mexicana de Fitopatología.* 2010; 28(1): 61-63.
52. Martínez-Fuentes R, Tovar-Soto A, Laguna-Hernández G, Torres-Coronel R. Histopatología de las agallas inducidas por *Nacobbus aberrans* Thorne et Allen en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Nematol. mediterr.* 2010; 38: 45-52.
53. Simão G, Orsini IP, Sumida HC, Homechin M, Santiago DC, Cirino VM. Reação de cultivares e linhagens de feijoeiro em relação a *Meloidogyne javanica* e *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli*. *Ciência Rural, Santa Maria.* 2010; 40 (5):1003-1008.
54. Dutra MR, Campos VP. Manejo do solo e da irrigação como nova tática de controle de *Meloidogyne incognita* em feijoeiro. *Fitopatologia Brasileira.* 2003; 28:608-614.
55. Farooq M, Jabran K, Cheema ZA, Wahid A, Siddique KHM. The role of allelopathy in agricultural pest management. *Pest Manag Sci.* 2011; 67: 493-506. DOI 10.1002/ps.2091
56. Halbrendt JM. Allelopathy in the Management of Plant-Parasitic Nematodes. *Jour. Nematol.* 1996; 28(1):8-14.
57. Larson B, Stimac JL, McSorley R, MacVean C. Effects of cropping system on nematode population densities in small-scale highland Guatemalan agriculture. *Nematropica.* 2000; 30:177-191.
58. Cunha TPL, F. L. C. Mingotte, F. M. Chiamolera, A. C. A. Carneis Filho, P. L. M. Soares, L. B. Lemos, and A. R. Vendramini. Ocorrência de nematoides e produtividade de feijoeiro e milho em função de sistemas de cultivo sobre plantio direto. *Nematropica.* 2015; 45: 34-42.
59. Leyva A, Páez E, Casanova A. Rotación y policultivos. En Funes F, Vázquez LL, Eds. *Avances de la Agroecología en Cuba.* Matanzas. Cuba. Editorial de la Estación Experimental Indio Hatuey. 2016. p. 213-230. ISBN: 978-959-7138-21-1

60. Hernández Morales A. (Coordinación y Revisión General). La cadena de valor del frijol común en Cuba. Estudio de su situación en siete municipios de las provincias de Sancti Spiritus y Villa Clara. Agosto, 2016. Editado por: Agrocadenas. Programa de apoyo al fortalecimiento de cadenas agroalimentarias a nivel local. 175 pp. ISBN: 978-959-296-045-9
61. Parada RY, Guzmán RF. Evaluación de extractos botánicos contra el nematodo *Meloidogyne incognita* en frijol (*Phaseolus vulgaris*). *Agronomía Mesoamericana*. 1997; 8(1): 108-114.
62. Cook R, Starr JL. Resistant Cultivars. In: Perry R; Moens M (Eds). *Plant Nematology*. CAB International. 2006. p. 370-389.
63. Fernández E, Pérez M, Gandarilla H, Vázquez R, Fernández M, Paneque M, et al. Guía para disminuir infestaciones de *Meloidogyne* spp., mediante el empleo de cultivos no susceptibles. *Boletín Técnico, Sanidad Vegetal (Cuba)*. 1998; 4(4): 1-18.
64. Rodríguez MG, Sánchez L, Rowe J. Host status of agriculturally important plant families to root-knot nematode *Meloidogyne mayaguensis* in Cuba. *Nematropica*. 2003; 33(2): 125-130.
65. Crozzoli R, Perichi G, Pérez D, Espinoza M. Response of some legumes to a Venezuelan population of root knot nematode *Meloidogyne mayaguensis*. *Nematropica*. 2006; 36 (2):120.
66. Guimarães LMP, Moura RM, Pedrosa EMR. *Meloidogyne mayaguensis* parasitism on different plant species. *Nematol. Bras.* 2003; 27(2): 139-145.
67. de Melo OD, Maluf WR, Gonçalves RJS, Neto ACG, Gomes LAA, Carvalho RC. Triagem de genótipos de hortalizas para resistência a *Meloidogyne enterolobii*. *Pesq. agropec. bras. (Brasília)*. 2011; 46 (8): 829-835
68. Bonfim JM, Inomoto MM. Host reaction of Brazilian common bean upright cultivars to *Meloidogyne incognita* and *Pratylenchus brachyurus*. *Jour. Nematol.* 2012; 44 (4): 453-454.
69. Baida FC, Santiago DC, Takahashi LSA, Athanázio JC, Stroze CT, Arieira GO. Host suitability of snap bean (*Phaseolus vulgaris*) strains to *Meloidogyne incognita* and *M. javanica*. *Nematropica*. 2012; 41:62-67.
70. Peixoto LA, Leoni BL, Moraes WB, Alves FR, Fonseca SO, Fonseca AS. Avaliação do desenvolvimento de genótipos de feijoeiros parasitados por *Meloidogyne incognita*. *Nucleus*. 2011; 8 (1): 463- 472.
71. Ferreira LA, Gomes A, Maluf WR, Carvalho Filho JLS, Santos DC. Resistance of dry bean and snap bean cultivars to root-knot nematodes. *Hortscience*. 2010; 45(2):320-322.
72. Alves FR, dos Santos LNS, Moraes WB, Cosmi FC, Cabral PDS, Martins Filho S, Matta FDP, Waldir CJJ. Reação do plantas de feijoeiro a *Meloidogyne incognita* Raça 1. *IDESIA (Chile)*. 2011; 29 (2): 95-98.
73. Pereira PR, Fidelis RR, dos Santos MM, dos Santos GR, do Nascimento IR. Tolerância de cultivares de feijoeiro comum a *Meloidogyne incognita* raça 2 em condições de temperatura elevada. *Revista Verde (Mossoró - RN - BRASIL)*. 2013; 8 (4): 202 - 207.
74. Santos LNS, Alves FR, Belan LL, Cabral PDS, Matta FP, Jesus Jr. WC, Moraes WB. Damage quantification and reaction of bean genotypes (*Phaseolus vulgaris* L.) to *Meloidogyne incognita* race 3 and *M. javanica*. *Summa Phytopathologica*. 2012; 38 (1): 24-29.
75. Santos LNS, Cabral PDS, Matta FP, Alves FR, Valadares Jr. R, Del Caro CF, Belan LL. Comportamento de genótipos de feijão à *Meloidogyne incognita* raça 3. *Rev. Bras. de Agroecologia*. 2009; 4 (2): 909- 912.
76. Simão G, Homechin M, Santiago DC, Silva RTV, Ribeiro ER. Comportamento de duas cultivares de feijoeiro em relação a *Meloidogyne javanica*. *Ciência Rural*. 2005; 35 (2): 266-270.
77. Bonfim JMF, Inomoto MM. Resistance of common bean to *Pratylenchus jaehni*. *Nematropica*. 2012; 42:320-323.
78. de la Fe C, Rodríguez O, Ponce M, Ortiz R. Coincidencia en la selección participativa de variedades de frijol común y la selección por

- rendimiento en una feria de agrobiodiversidad. *Cultivos Tropicales*. 2009; 30 (2): 73-79.
79. Eilenberg J. Concepts and visions of biological control. In: Eilenberg J, Hokkanen HMT, Eds. *An ecological and societal approach to biological control*. Springer. 2006. p 1-11.
80. Patibanda AK, Ranganathswamy M. Effect of Agrichemicals on Biocontrol Agents of Plant Disease Control. In: Panpatte DG, Yogeshvari K, Shelat JHN., Vyas RV, Eds. *Microorganisms for Green Revolution. Volume 2: Microbes for Sustainable Agroecosystem*. Springer. 2018. p. 1-22.
81. Brodeur J, Abram PK, Heimpel GE, Messing RH. Trends in biological control: Public interest, international networking and research direction. *BioControl*. 2017; 16pp. DOI 10.1007/s10526-017-9850-8.
82. Santin RCN. Potencial do uso dos fungos *Trichoderma* spp. e *Paecilomyces lilacinus* no biocontrol de *Meloidogyne incognita* en *Phaseolus vulgaris*. [Tese apresentada como un dos requisitos a obtencao Grau de Doutor en Fitotecnia]. Universidad do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. Brasil. 2008. 91pp.
83. Gonçalves Jr DB, Roldi M, Namur FM, Machado ACZ. Tratamento de sementes de feijoeiro no controle de *Pratylenchus brachyurus*, *Meloidogyne incognita* e *M. javanica*. *Nematologia Brasileira*. 2013; 37(3-4): 53-56.
84. Franco-Navarro F, Cid del Prado I, Romero-Tejeda ML. Aislamiento y potencial parasítico de un aislamiento nativo de *Pochonia chlamydosporia* en contra de *Nacobbus aberrans* en frijol. *Revista Mexicana de Fitopatología*. 2013; 30 (2):101-114.
85. Hidalgo-Díaz L, Franco-Navarro F, Freitas LG. *Pochonia chlamydosporia* microbial products to manage plant-parasitic Nematodes: Case Studies from Cuba, Mexico and Brazil. In: Manzanilla-López RH, López-Llorca LV. Eds. *Perspectives in Sustainable Nematode Management through Pochonia chlamydosporia Applications for Root and Rhizosphere Health, Sustainability in Plant and Crop Protection*. 2017. p 131-342.
86. Falconí Saá CE. Control biológico de enfermedades de plantas en Ecuador. En: Bettiol W, Rivera MC, Mondino P, Montealegre AJR, Colmenárez YC. Eds. *Control Biológico de Enfermedades de Plantas en América Latina y el Caribe*. 2014. p. 219-248. ISBN: 978-9974-0-1091-8.
87. Rocha FS, Campos VP, Souza RM. Efeito de exsudatos radiculares em endósporos de *Pasteuria penetrans* e em juvenis do segundo estágio de *Meloidogyne incognita*. *Fitopatologia Brasileira*. 2004; 29:644-650.
88. Gómez L, Enrique R, Rodríguez MG, Ramos O, Gandarilla H. Detección de *Pasteuria penetrans* (Thorne) Sayre y Starr en la región occidental de Cuba. *Rev. Protección Veg.* 2012; 27(3): 162-166.
89. Supratim B, Rabara R, Negi S. Towards a better greener future - an alternative strategy using biofertilizers. I: Plant growth promoting bacteria, *Plant Gene*. 2017; doi: 10.1016/j.plgene.2017.07.004
90. Oliveira TF, Fernandes RH, Costa RL, Lopes EA. Formulation of bionematicides based on bacteria for the control of the lesion nematode in common bean. *IDESIA (Chile)*. 2015; 33 (1): 147-150.
91. Colás A, Torres R, Cupull R, Rodríguez A, Fauvart M, Michiels J, Vanderleyden J. Effects of co-inoculation of native *Rhizobium* and *Pseudomonas* strains on growth parameters and yield of two contrasting *Phaseolus vulgaris* L. genotypes under Cuban soil conditions. *European Jour. Soil Biology*. 2014; 62: 105-112.
92. Liriano R, Núñez DB, Barceló R. Efecto de la aplicación de *Rhizobium* y micorriza en el crecimiento del frijol (*Phaseolus vulgaris* L) variedad CC-25-9 negro. *Centro Agrícola*, 2012; 39(4): 17-20.
93. McSorley R. Trends in the Journal of Nematology, 1969-2009: Authors, States, Nematodes, and Subject Matter. *Jour. Nematol*. 2011; 43(2):63-68.

Los autores de este trabajo declaran no presentar conflicto de intereses.

Este artículo se encuentra bajo licencia [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional \(CC BY-NC 4.0\)](#)

La mención de marcas comerciales de equipos, instrumentos o materiales específicos obedece a propósitos de identificación, no existiendo ningún compromiso promocional con relación a los mismos, ni por los autores ni por el editor.