



**REVISTA
MEXICANA DE
FITOSANIDAD**

Sección
Artículo científico.
Pp. 11–16
Fecha de publicación:
03-febrero-2020.

Recibido:
08-09-2019
Aceptado:
03-02-2020

Correos electrónicos
^{1,1}fabian.grifaldo@academicos.udg.mx
^{1,2}haidel.vargas@hotmail.com
^{1,3}ricardo.mmartinez@academicos.udg.mx
^{2,1}garcia-espinoza@hotmail.com
^{3,1}azuarad@gmail.com
^{3,2}marodzul@hotmail.com
^{4,1}teotsintli@gmail.com
^{5,1}atta_mexicana@yahoo.com.mx

Edita Sociedad Mexicana de Fitosanidad. Calle Amado Nervo s/n, Tepatepec. Francisco I. Madero, Hidalgo. C. P. 42660.

Índice, resúmenes, Vol. abstracts, suplementos. en:

www.revimexfito.com.mx

© 2019 - Revista Mexicana de Fitosanidad

NEMÁTODOS ENTOMOPATÓGENOS NATIVOS DEL CULTIVO DE LA CAÑA DE AZÚCAR EN AUTLÁN DE NAVARRO, JALISCO

Grifaldo-Alcántara, Pedro Fabián^{1,1}, Vargas-Madriz, Haidel^{1,2}, Martínez- Martínez, Ricardo^{1,3}, García-Espinoza, Fabián^{2,1}, Azuara-Domínguez, Ausencio^{3,1}, Lázaro-Dzul, Martha Olivia^{3,2}, San Juan-Lara, Jorge^{4,1} y Pacheco-Rueda Iliana^{5,1*}.

¹Departamento de Producción Agrícola, Centro Universitario de la Costa sur, Universidad de Guadalajara. Av. Independencia Nacional, No. 151. Autlán de Navarro, Jalisco, México. C. P. 48900.

²Departamento de Parasitología, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna; Periférico Raúl López Sánchez S/N. Torreón Coahuila, México C.P. 27054.

³Tecnológico Nacional de México/I.T. de Cd. Victoria, Ciudad Victoria, Tamaulipas, C. P. 87010. México. San Sebastián Xhala, Cuautitlán Izcalli, Estado de México. C. P. 54714.

⁴Universidad Politécnica de Francisco I. Madero. Domicilio conocido s/n Tepetepec, Mpio. Francisco I. Madero, Hidalgo, C.P. 42660.

⁵Departamento de Ciencias Biológicas, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México, Campo Cuatro. Km. 2.5 Carretera Cuautitlan-Teoloyucan

*Autor para correspondencia: atta_mexicana@yahoo.com.mx

RESUMEN:

En localidades circundantes al municipio de Autlán de Navarro, Jalisco, se realizaron colectas de suelo dentro del cultivo de caña de azúcar para la obtención de nematodos entomopatógenos nativos. Para cada una de las localidades se tomaron nueve puntos para muestreo de suelo con aproximadamente un kilogramo por cada punto. Las muestras se procesaron en el Laboratorio de Biotecnología del CUCSUR y para la obtención de los nematodos entomopatógenos fue llevada a cabo a través del trapeo con insectos cebo (*Galleria mellonella* L.). Se obtuvieron dos aislamientos de nematodos pertenecientes al género *Steinernema* spp. en la localidad Casimiro Castillo y Las Vallas, y uno perteneciente al género *Heterorhabditis* spp. para la localidad el Mezquitilito. Para cada aislamiento se realizó los postulados de Koch corroborando la obtención de los síntomas y la presencia de las fases sexuales de los nematodos en larvas infectivos mediante su disección, así como la obtención de juveniles infectivos..

Palabras clave: Control biológico, *Heterorhabditis*, hongos entomopatógenos, insectos cebo, *Steinernema*.

Native entomopathogenic nematodes in sugar cane in Aultlan, Jalisco

ABSTRACT:

Abstract: In localities surrounding the municipality of Aultlan de Navarro, Jalisco, soil collections were carried out within the sugarcane crop to obtain native entomopathogenic nematodes. For each of the locations, nine points are taken for soil sampling with approximately one kilogram for each point. The samples processed in the Biotechnology Laboratory CUCSUR, and it obtains entomopathogenic nematodes; it carried out through trapping with insect bait (*Galleria mellonella* L.). Two isolates of nematodes belonging to the genus *Steinernema* spp. in the town of Casimiro Castillo and Las Vallas, and one is belonging to the genus *Heterorhabditis* spp., for the town, the Mezquitilito. For each isolation, the Kothc postulates corroborated, obtaining the symptoms and the presence of the sexual phases of the nematodes in infected larvae through to dissection, as well as obtaining infective juveniles.

Keywords. Biological control, *Heterorhabditis*, entomopathogenic fungi, bait insect, *Steinernema*.

INTRODUCCIÓN

La caña de azúcar se cultiva en 22 entidades federativas de México; su principal importancia radica en que es la materia prima de la industria azucarera, con un consumo per cápita promedio al año de 36.7 kg de azúcar (SAGARPA, 2017). Éste cultivo de importancia económica presenta diversos problemas relacionados a la presencia de plagas, su principal método de control, son las constantes aplicaciones químicas con el fin de reducir estas poblaciones insectiles. En la actualidad se sabe que los productos químicos son la principal aplicación para combatir diferentes tipos de enfermedades, plagas y malezas que perjudican al cultivo desde la semilla, la planta y los frutos que produce (García-Gutiérrez y Rodríguez-Meza, 2012). Dentro del cultivo de la caña de azúcar se presentan diversas plagas las que sobresalen la gallina ciega (*Phyllophaga* spp.), la mosca pinta [*Prosapia simulans* (Walker) y *Aeneolamia postica* (Walker)] y el barrenador de la caña de azúcar (*Diatraea* spp.). El problema de la gallina ciega se origina principalmente en donde se presenta mayor porcentaje de materia orgánica y donde los cultivos no tienen una buena limpieza de zacate (Aragón-García *et al.*, 2005). Sánchez-Navarrete (1972) precisa que los daños más frecuentes originados por esta plaga han ocurrido en zonas cañeras del centro del país, especialmente en Morelos, Jalisco y Michoacán. La mosca pinta presenta sus primeros brotes cuando la zona temperatura se incrementa a 28 °C, al inicio de lluvias con precipitaciones del 45 %, contenido de arcilla en suelo del 40 %, precario control de malezas, dominancia de los vientos y uso de controladores biológicos deficientes (García-García *et al.*, 2006). Finalmente el barrenador de la caña de azúcar, perteneciente al género *Diatraea* destacada por formar un complejo de especies como *D. lineolata* Walker, *D. magnifactella* Dyar, *D. considerata* Heinrich y *D. grandiosella* Dyar;. El control de esta plaga se realiza mediante: los insecticidas comerciales disponibles entre los cuales destacan como ingredientes activos endosulfán, tricorfón y carbofuran; sin embargo, no son del todo eficientes debido principalmente por los hábitos crípticos y alimenticios que posee este insecto,

impidiendo la reducción de poblaciones en el cultivo (Hernández-Velázquez *et al.*, 2012).

Por ello diversos investigadores han realizado diversas búsquedas de enemigos naturales benéficos para la eliminación de insectos plaga, descubriendo así microorganismos prometedores que no dañen el ecosistema y no generaren resistencia (Dinardo-Miranda *et al.*, 2008). Los entomopatógenos, en el caso particular los nematodos, son organismos poiquiloterms, por lo que la temperatura juega un papel importante en su movilidad de búsqueda, infectividad hacia insectos plaga y desarrollo de los nematodos (Henneberry *et al.*, 1996), son importantes organismos bióticos encargados de la regulación de poblaciones de insectos plaga en el suelo. En la actualidad se utilizan como excelentes controladores biológicos ya que la virulencia de las diferentes especies existentes de estos nematodos difiere en relación a su hospedero y al hábitat en donde se liberen (Divya and Sankar, 2009). Los géneros más estudiados e identificados pertenecen a las familias Steinernematidae y Heterorhabditidae (Orden Rabditida) los cuales están asociados de manera simbiótica con las bacterias de los géneros *Xenorhabdus* y *Photorhabdus* respectivamente (Georgis y Poinar, 1994).

La búsqueda de los nematodos entomopatógenos hacia su insecto hospedero inicia con estímulos químicos, percibiendo estructuras físicas del integumento de la plaga o bien, estímulos directos del hospedero tales como las heces, o productos del metabolismo del mismo insecto; inclusive productos volátiles que emiten las plantas al ser dañadas por el insecto plaga (Lewis *et al.*, 2006; Tonelli *et al.*, 2016). Una vez localizado al hospedero los nematodos liberan a la bacteria simbiote que mantienen retenida en una bolsa sub faríngea y es ella quien al ser liberada prolifera en la hemolinfa del insecto matándolo por septicemia en 48-72 h (Eleftherianos *et al.*, 2006).

Existe diversos reportes de la presencia de nematodos entomopatógenos nativos en el cultivo de la caña de azúcar (Leite *et al.*, 2005; Poinar y Linares, 1985, Grifaldo-Alcantara *et al.*, 2017) y de su evaluación en campo para la reducción de la plaga de la mosca pinta (Ferrer *et al.*, 2004; Leite

et al., 2005) y barrenador de la caña de azúcar (Pillay et al., 2009). Por ello el objetivo de esta investigación fue realizar la búsqueda de nematodos entomopatógenos nativos del cultivo de la caña de azúcar en los alrededores de las zonas de Autlán de Navarro, Jalisco, a través de trapeo con insectos cebo *Galleria mellonella* L. (Lepidoptera: Pyralidae) en condiciones de laboratorio.

MATERIALES Y MÉTODO

Se seleccionaron tres localidades con el cultivo de caña de azúcar para la toma de muestras de suelo, predio Francisco I. Madero que corresponde a la localidad de Casimiro Castillo, (Var. Colmex 94-8). Autlán de Navarro con los predios Mezquitalito (Var. ITV 92-1424) y la Lima (Var. Colmex 94-8) y la tercera localidad Las Vallas (Var. Colmex 94-8). La elección de las localidades para el trapeo consistió en que no hubieran realizado aplicaciones de hongos ni nematodos entomopatógenos para el control de plagas agrícolas y que los productos químicos que se pudieron haber aplicado tuvieran tres meses de residualidad. En cada una de las zonas seleccionadas se tomaron nueve puntos distribuidos en una hectárea y se colectaron 500 gr de suelo las cuales fueron depositadas en bolsas negras de plástico, se etiquetó con todos los datos correspondientes de la parcela, fecha y variedad de la caña. Todas las muestras de suelo fueron colocadas en cajas de unicel con tapa procurando que éstas no tuvieran una exposición prolongada a los rayos UV.

Las muestras de suelo fueron llevadas al laboratorio de Biotecnología del Centro Universitario de la Costa Sur (CUCSUR) y se almacenaron a 4° C. Para llevar a cabo el procesamiento de las muestras de suelo, éstas se humedecieron a capacidad de campo y fueron colocadas en vasos de plástico transparente con capacidad de 300 g, a cada uno de los vasos se colocaron seis larvas de *G. mellonella* implementándolas como insectos cebos (Bedding y Akhurst, 1975; Sturhan y Mracek, 2000). Cada cuatro días mediante un microscopio estereoscópico, las larvas fueron revisadas para determinar la presencia de síntomas positivos en

los cadáveres tales como: puntos de melanización o cambios en la coloración de la cutícula, siendo estos los síntomas causados por nematodos entomopatógenos. Las larvas identificadas con síntomas positivos, fueron lavadas con agua destilada estéril desinfectándolas en seguida por inmersión en hipoclorito de sodio al 0.1 % durante 30 s; después de este tiempo, se pasaron tres veces en agua destilada estéril en tres ocasiones (Woodring y Kaya, 1988); y finalmente, colocaron en cámaras húmedas y su observación continuó realizándose diariamente. La identificación taxonómica de estos Steinernematidos y Heterorhabditidos fue a través de la observación de machos de la primera generación, hembras y juveniles infectivos (Adams y Nguyen, 2002; Stock et al., 2000).

Para corroborar la obtención de nematodos entomopatógenos de los aislamientos obtenidos, se realizaron disecciones de los cadáveres de las larvas de *G. mellonella* de ambos géneros de nematodos. Para ello se infectaron nuevamente larvas sanas de esta especie con cada aislamiento obtenido, transcurridos tres días posterior a la infección se disectaron los cadáveres con la ayuda de un microscopio estereoscópico y agujas de disección observando así la presencia de nematodos dentro del cuerpo de las larvas (Fig. 1. B), identificando así los estadios amfimicticos involucrados en la reproducción dentro del hospedero (Fig. 2. B). En otra repetición nuevas larvas de *G. mellonella* fueron infectadas con cada uno de los aislamientos y transcurridos 11 días posteriores a la infección se pudo observar la emergencia de los juveniles infectivos obtenidos en trampas White (1927).

Los estadios infectivos de cada aislamiento fueron sometidos a los postulados de Koch, verificando nuevamente a través de sintomatología en las larvas de *G. mellonella* (cambios en la coloración en la cutícula) y a través de disecciones, la presencia de hermafroditas (*Heterorhabditis* sp.) y estadios amfimicticos (*Steinernema* sp.) según el género de nematodo entomopatógeno presente en los cadáveres, corroborando así de que los aislamientos obtenidos en las localidades se trataban de nematodos entomopatógenos y no de saprofitos. Teniendo esta confirmación, juveniles infectivos

infectivos de cada aislamiento fueron sanitizados con agua destilada estéril y almacenados en frascos de cultivo de tejidos (Corning) de 250 ml

a $22 \pm 2^\circ\text{C}$ a 10°C para su almacenamiento en el laboratorio del CUCSUR (Grewal *et al.*, 1994).

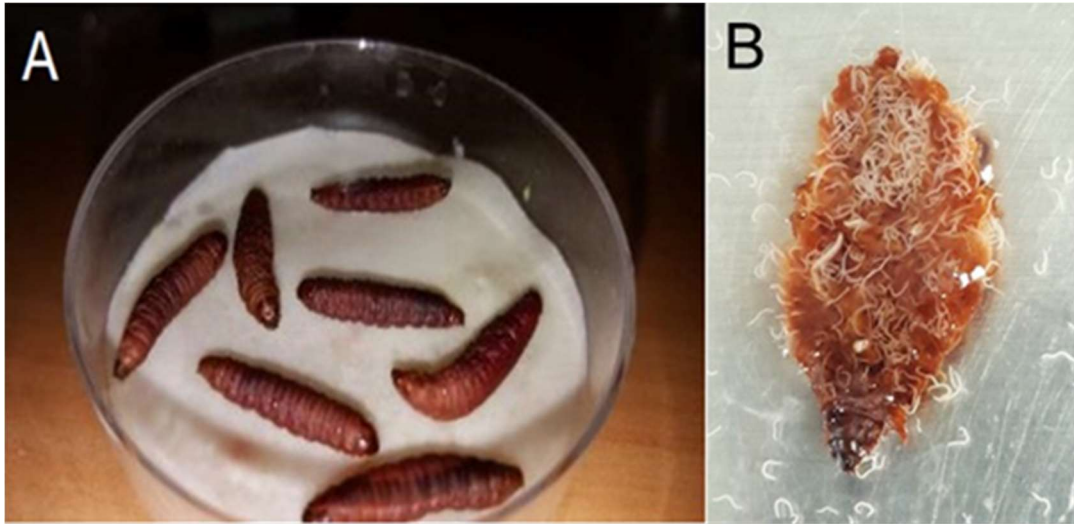


Figura 1. A) Larvas de *Galleria mellonella* infectadas con el nematodo *Heterorhabditis* sp. presentando una coloración rojiza. B) Presencia de nematodos dentro de las larvas después de la disección de los cadáveres.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se obtuvieron tres aislamientos de nematodos entomopatógenos de las cuatro localidades trampeadas; en el predio Mezquitalito se encontró la presencia del género *Heterorhabditis* sp. (Fig 1. A); mientras que las localidades de Casimiro Castillo y Las Villas fue el género *Steinernema* sp. (Fig 2. A). Para el predio de la Lima no se encontró la presencia de ninguna especie de nematodos entomopatógenos. Para los sitios positivos en donde se encontró la presencia de nematodos entomopatógenos los cadáveres de las larvas de *G. mellonella* presentaban sintomatología en relación al cambio de la coloración, siendo un color beige para *Steinernematidos* y color rojo ladrillo para *Heterorhabditidos* (Woodring y Kaya, 1988).

Durante la obtención de los nematodos entomopatógenos con el trapeo de los insectos cebo en las localidades seleccionadas, se encontró la presencia de hongos entomopatógenos pertenecientes a los géneros *Metarhizium* spp. y *Beauveria* spp. Los hongos obtenidos fueron sembrados en medio ADS (agar dextrosa sabouraud) y mantenidos en refrigeración a 4°C

para posteriores estudios en relación a su identificación y patogenicidad.

A través de los resultados obtenidos en esta investigación se considera importante poder utilizar a futuro estos microorganismos como alternativa para el control de plagas en el cultivo de la caña de azúcar, tratando de beneficiar así la reducción de plaguicidas en este agroecosistema y poder mantener un balance ecológico con el medio ambiente y los organismos benéficos presentes dentro del cultivo. A nivel mundial la presencia y abundancia del género *Steinernema* spp. es mucho mayor que el género *Heterorhabditis* spp. sin embargo, la presencia de estos aislamientos obtenidos dentro del cultivo de caña de azúcar sugiere que poseen caracteres genotípicos que les permiten una prevalencia en zonas con climas cálido-tropical (Meza-García *et al.*, 2014).

Estudios realizados en México reportan la presencia de aislados de diferentes nematodos entomopatógenos tales como *Steinernema carpocapsae* Weiser, *S. feltiae* Filipjev y *Heterorhabditis bacteriophora* Poinar, entre otros, siendo éstos colectados en los estados de Colima, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Morelos

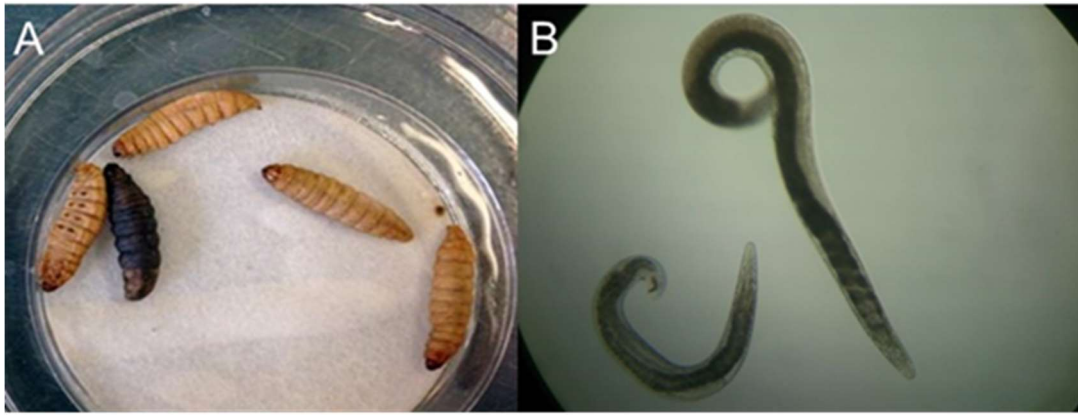


Figura 2. A) Larvas de *Galleria mellonella* con una coloración beige, síntomas característicos del género *Steinernema* spp. B) Hembra y macho de segunda generación obtenidos de las larvas disectadas.

Nayarit, Oaxaca, Sonora, Tamaulipas y Zacatecas (Delgado-Gamboa *et al.*, 2014). En el estado de Veracruz tras la búsqueda de nematodos entomopatógenos que estuvieran adaptados al tipo de clima y el cultivo de la caña de azúcar se logró encontrar e identificar a una nueva especie *Steinernema ralatorei* (Grifaldo-Alcantara *et al.*, 2017). En esta investigación, la obtención de nematodos dentro del cultivo de la caña de azúcar se visualiza a futuro como prometedor ya que también están adaptados al suelo, microclima y precipitación del municipio de Autlán de Navarro en el estado de Jalisco, favoreciéndoles así en una adaptación a las altas temperaturas que se presentan dentro del cultivo, tolerancia a la desecación y habilidad para la dispersión (Stack *et al.*, 1999). Manteniendo por lo tanto un nicho térmico que le favorece para realizar una búsqueda activa hacia su hospedero en presencia del insecto plaga dentro del cultivo agrícola (Grewal *et al.*, 1994). En relación a la efectividad que estos nematodos entomopatógenos poseen para el control de plagas agrícolas dentro del cultivo de la caña de azúcar se han llevado investigaciones relacionadas a la efectividad contra la plaga de la mosca pinta (Leite *et al.*, 2005), el efecto de aislamientos nativos o exóticos que tienen sobre la efectividad y mortalidad hacia las larvas de gallina ciega (Melo *et al.*, 2010) y la efectividad de aplicación para la regulación del barrenador de la caña de azúcar en invernaderos (Bellini y Dolinski, 2012).

La obtención de hongos entomopatógenos en las localidades seleccionadas se considera importante, ya que en el historial de aplicación contra insectos

plaga en las zonas muestreadas, no se llevó a cabo ninguna aplicación de entomopatógenos, sólo el control biológico mediante la liberación de parasitoides del género *Trichogramma* y productos químicos. El uso de hongos entomopatógenos a nivel mundial se conocen como promisorios para el control de plagas agrícolas, aislados inclusive del barrenador de la caña *Diatraea* spp., de las que sobresalen *Beauveria bassiana* (Balsamo), *B. brongniartii* (Saccardo), *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff), *Paecylomyces fumosoroseus* (Wize), *Hirsutella* spp., *Cylindrocarpon* spp. y *Nomuraea rileyi* (Farlow), en el continente Americano, desde Argentina hasta los Estados Unidos de America; algunos géneros encontrados en la presente investigación (Hernández-Velázquez *et al.*, 2012).

La presencia de nematodos entomopatógenos en el cultivo de la caña de azúcar en Jalisco, da inicio a más investigaciones en relación a la identidad de las especies encontradas, la patogenicidad que puedan presentar sobre los insectos plaga más comunes en la región y la efectividad que puedan tener en campo siendo patógenos nativos del nicho agroecológico de la caña de azúcar.

CONCLUSIONES

Tomando en cuenta que en cada una de las localidades muestreadas no hubo aplicaciones de ningún entomopatógeno en la historia de manejo del cultivo, los microorganismos aislados se consideran nativos de cada zona. La localización de nematodos entomopatógenos: dos *Steinernematidos* y un *Heterorhabditido* aún sin

identificar a nivel de especie, da pauta a la realización de investigaciones a futuro en relación a la patogenicidad de cada aislamiento, su evaluación contra diferentes insectos plaga perteneciente al cultivo de la caña de azúcar y su identificación de estos aislamientos a través de estudios moleculares, morfológicos y morfométricos para poder conocer su identidad a nivel de especie.

LITERATURA CITADA

- ARAGÓN-GARCÍA, A., MORÓN, M. A., LÓPEZ-OLGUÍN, J. F. Y L. M. CERVANTES-PEREDO. 2005. Ciclo de vida y conducta de adultos de cinco especies de *Phyllophaga harris*, 1827 (Coleoptera: Melolonthidae; Melolonthinae). *Acta Zoológica Mexicana (n.s.)*, 21(2): 87–99.
- BEDDING, R. A. AND R. J. AKHURST. 1975. A simple technique for the detection of insect parasitic rhabditid in soil. *Nematologica*, 21: 109–110.
- BELLINI, L.L. AND C. DOLINSKI. 2012. Foliar application of entomopathogenic nematodes (Rhabditida: Steinernematidae and Heterorhabditidae) for the control of *Diatraea saccharalis* in greenhouse. *Semina: Ciências Agrárias, Londrina*, 33(3): 997–1004. DOI: [10.5433/1679-0359.2012v33n3p997](https://doi.org/10.5433/1679-0359.2012v33n3p997).
- DELGADO-GAMBOA, J. R., RUÍZ-VEGA, J. AQUINO-BOLAÑOS, T. Y S. GIRÓN-PABLO. 2014. Revisión de nematodos entomopatógenos aislados en México. *Entomología mexicana*, 1: 284–288.
- DINARDO-MIRANDA, L. L., PIVETTA, J. P. AND J. VIVELA FRACASSO. 2008. Economic injury level for sugarcane caused by the spittlebug *Mahanarva fimbriolata* (Stal) (Hemiptera: Cercopidae). *Scientia Agricola*, 65: 16–24. DOI: [10.1590/S0103-90162008000100003](https://doi.org/10.1590/S0103-90162008000100003).
- DIVYA, K. AND SANKAR, M. 2009. Entomopathogenic nematodes in pest management. *Indian Journal of Science and Technology*, 2: 53–60. DOI: [10.17485/ijst/2009/v2i7/29499](https://doi.org/10.17485/ijst/2009/v2i7/29499).
- ELEFTHERIANOS, I., BOUNDY, S., JOYCE, S. A., ASLAM, S., MARSHALL, J. W., COX, R. J., SIMPSON, T. J., CLARKE, D. J., FFRENCH-CONSTANT, R. H. AND STUART E. R. 2006. An antibiotic produced by an insect-pathogenic bacterium suppresses host defenses through phenoloxidase inhibition. *Proceedings of the National Academy of Sciences*; 104(7): 2419–2424. DOI: [10.1073/pnas.0610525104](https://doi.org/10.1073/pnas.0610525104).
- FERRER F., ARIAS M., TRELLES A., PALENCIA G., NAVARRO J. M. Y R. COLMENAREZ. 2004. Posibilidades del uso de nematodos entomopatógenos para el control de *Aeneolamia varia* en caña de azúcar. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología*, 72: 39–43.
- GARCÍA-GARCÍA, C. G., LÓPEZ-COLLADO, J., NAVA-TABLADA, M. E., VILLANUEVA-JÍMENEZ, J. A. Y J. VERA-GRAZIANO. 2006. Modelo de Predicción de Riesgo de Daño de la Mosca Pinta *Aeneolamia postica* (Walker) Fennah (Hemiptera: Cercopidae). *Neotropical Entomology*, 35: 677–688. DOI: [10.1590/S1519-566X2006000500017](https://doi.org/10.1590/S1519-566X2006000500017).
- GARCÍA-GUTIÉRREZ, C. Y G. D. RODRÍGUEZ-MEZA. 2012. Problemática y riesgo ambiental por el uso de plaguicidas en Sinaloa. *Ra Ximhai*, 8: 1–10.
- GEORGIS, R. AND G. O. POINAR. 1994. Nematodes as bioinsecticides in turf and ornamentals. Pp. 477–489. In: Leslie and U.S. EPA (Eds.). *Handbook of integrated pest management for turf and ornamentals*. Boca Raton, FL, CRC Press.
- GREWAL, P. S., SELVAN, S. AND R. GAUGLER. 1994. Thermal adaptation of entomopathogenic nematodes: niche breadth for infection, establishment, and reproduction. *Journal Thermal Biology*, 19: 245–253. DOI: [10.1016/0306-4565\(94\)90047-7](https://doi.org/10.1016/0306-4565(94)90047-7).
- GRIFALDO-ALCANTARA, P. F., ALATORRE-ROSAS, R., SEGURA-LEON, O., AND F. HERNÁNDEZ-ROSAS. 2017. *Steinernema ralatorei* n. sp. (Rhabditida: Steinernematidae) isolated from sugar cane areas at Veracruz, Mexico. *Southwestern Entomologist*, 42: 171–190. DOI: [10.3958/059.042.0117](https://doi.org/10.3958/059.042.0117).
- HENNEBERRY, T. J., JERCH, L. F., BURKE, R. A. AND J. E. LINDEGREN. 1996. Temperature effects on infection and mortality of *Pectinophora gossypiella* (Lepidoptera: Gelechiidae) larvae by two entomopathogenic nematodes species. *Environmental Entomology*, 25: 179–183. DOI: [10.1093/ee/25.1.179](https://doi.org/10.1093/ee/25.1.179).
- HERNÁNDEZ-VELÁZQUEZ, V. M., LINA-GARCÍA, L. P., OBREGÓN-BARBOZA, V., TREJO-LOYO, A. G. AND G. PEÑA-CHORA. 2012. Pathogens Associated with Sugarcane Borers, *Diatraea* spp. (Lepidoptera: Crambidae): A Review. *International Journal of Zoology*, Vol. 2012. Article ID 303589. 12 pages DOI: [10.1155/2012/303589](https://doi.org/10.1155/2012/303589).
- LEITE, L. G., MACHADO, A. L., GOULART, M. R., TAVARES, M. F. AND F. A. BATISTA. 2005. Screening of entomopathogenic nematodes (Nemata: Rhabditida) and the efficiency of *Heterorhabditis* sp. against the sugarcane root spi-

- tlebug *Mahanarva fimbriolata* (Fabr.) (Hemiptera: Cercopidae). *Neotropical Entomology*, 34: 785–790. DOI: [10.1590/S1519-566X200500050010](https://doi.org/10.1590/S1519-566X200500050010).
- LEWIS, E. E., CAMPBELL, J. C., GRIFFIN, C., KAYA, H. AND P. ARNE. 2006. Behavioral ecology of entomopathogenic nematodes. *Biological Control* 38: 66–79. DOI: [10.1016/j.biocontrol.2005.11.007](https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2005.11.007).
- MELO, M. E. L., ORTEGA, O. C. A., GAIGL, A. Y A. BELLOTTI, 2010. Evaluación de nematodos entomopatógenos para el manejo de *Phyllophaga bicolor* (Coleoptera: Melolonthidae). *Revista Colombiana de Entomología*, 36(2): 207–212.
- MEZA-GARCÍA, J. L., ELÍAS-SANTOS, M., CORTEZ-MONDACA, E., GUERRERO-OLAZARÁN, M., VIADER-SALVADÓ, J. M., LUNA-OLVERA, H. A., MALDONADO-BLANCO, M. G., QUINTERO-ZAPATA I. AND B. PEREYRA-ALFÉREZ. 2014. Evaluation of *Heterorhabditis indica* (Rhabditida: Heterorhabditidae) nematode strain from Sinaloa, Mexico, against *Bemisia tabaci* immatures under laboratory conditions. *Southwestern Entomologist*, 39: 727–738. DOI: [10.3958/059.039.0404](https://doi.org/10.3958/059.039.0404).
- PILLAY, U., MARTIN L. A., RUTHERFORD R. S. AND S. D. BERRY. 2009. Entomophthogenic nematodes in sugarcane in South Africa. *South African Sugarcane Research Institute*, 82: 538–541.
- POINAR G. O. AND B. LINARES. 1985. *Hexamermis dactylocerus* sp. n. Mermithidae: Nematoda a parasite of *Aeneolamia varia* (Cercopidae: Homoptera) in Venezuela. *Revue de Nematologie*, 8: 109-111.
- SÁNCHEZ-NAVARRETE, E. 1972. *Materia prima: caña de azúcar*. Ed. Porrúa, hnos. 1ª Ed. 583 pp.
- SAGARPA. 2017. Secretaria de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural. Disponible en: <https://www.gob.mx/agricultura>. (Fecha de consulta: 15-12-2017).
- STACK, C. M., EASWARAMOORTHY, S. G., METHA, U. K., DOWNES, M. J., GRIFFIN, C. T. AND A. M. BURNELL. 2000. Molecular characterization of *Heterorhabditis indica* isolates from India, Kenya, Indonesia and Cuba. *Nematology*, 2: 477–487. DOI: [10.1163/156854100509321](https://doi.org/10.1163/156854100509321).
- STOCK, S. P., MRACEK, Z. AND M. WEBSTER. 2000. Morphological variation between allopatric populations of *Steinernema krausei* (Steiner, 1923) (Rhabditida: Steinernematidae). *Nematology*, 2(2): 143–152. DOI: [10.1163/156854100509033](https://doi.org/10.1163/156854100509033).
- STURHAN D. AND Z. MRACEK. 2000. Comparison of the *Galleria* baiting technique and a direct extraction method for recovering *Steinernema* (Nematoda: Rhabditida) infective-stage juveniles from soil. *Folia Parasitologica*, 47: 315–318. DOI: [10.14411/fp.2000.055](https://doi.org/10.14411/fp.2000.055).
- TONELLI, M., GOMEZ-VILLALBA P. M. F., GARRIGOS LEITE, L., DIAS SILVA, W., MARTINS, F. AND J. M. SIMOES BENTO, 2016. Attraction of entomopathogenic nematodes to sugarcane root volatiles under herbivory by a sap-sucking insect. *Chemoecology*, 26: 59–66. DOI: [10.1007/s00049-016-0207-z](https://doi.org/10.1007/s00049-016-0207-z).
- WHITE, G. F. 1927. A method for obtaining infective nematode larvae from cultures. *Science*. 66, 302–303. DOI: [10.1126/science.66.1709.302-a](https://doi.org/10.1126/science.66.1709.302-a).
- WOODRING, J. L. AND H. K. KAYA. 1988. Steinernematid and heterorhabditid nematodes. In: Pp. 30. *A handbook of biology and techniques*. Southern Cooperative Series Bulletin 331, Arkansas Agricultural Experiment Station, Fayetteville, AR.