

## PRESENCIA DE NEMATODOS ENTOMOPATÓGENOS *Steinernema* Travassos, 1927 Y *Heterorhabditis* Poinar, 1976 EN LA CIÉNEGA DE CHAPALA, MICHOACÁN, MÉXICO

Joel Montores-Ramírez<sup>1</sup>, Hipolito Cortez-Madriral<sup>2</sup> e Isaac Zepeda-Jazo<sup>1</sup>✉

<sup>1</sup>Universidad de La Ciénega del Estado de Michoacán de Ocampo, Trayectoria de Genómica Alimentaria. Avenida Universidad 3000, Col. Lomas de la Universidad, C. P. 59103 Sahuayo, Michoacán, México.

<sup>2</sup>Instituto Politécnico Nacional-Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Michoacán. Justo Sierra No. 28 Jiquilpan, Michoacán, México. C. P. 59510.

✉ Autor de correspondencia: z\_isaac@hotmail.com

**RESUMEN.** Por su gran capacidad de infección y búsqueda de hospederos, los nematodos entomopatógenos (NEP's) son en la actualidad, una de las alternativas ecológicas más estudiadas para el control de insectos plaga. A pesar de estar distribuidos en todos los ecosistemas, el éxito de programas de control biológico con NEP's depende de su adaptación en los sitios de aplicación. En México, existen reportes de la presencia de NEP's; sin embargo, para Michoacán, no se tiene información de su distribución en suelos cultivados y no cultivados. Ahondar en los posibles factores que influyen en la distribución y presencia de NEP's en las zonas agrícolas, es el primer paso para el diseño de planes de manejo de plagas con estos entomopatógenos. El presente estudio tiene como objetivo, la exploración, y aislamiento de nematodos entomopatógenos asociados a suelos cultivados y no cultivados de la región Ciénega de Chapala, Michoacán. De 73 muestras analizadas, el 65 % (48) fueron para el género *Steinernema* y sólo el 1 % (1) de *Heterorhabditis*. Los análisis de suelos demostraron que existe relación entre NEP's, las condiciones edáficas y usos de los suelos. Los resultados demuestran que los NEP's están ampliamente distribuidos en la región de estudio.

**Palabras clave:** Steinernematidae, Heterorhabditidae, plagas agrícolas.

### Presence of entomopathogenic nematodes *Steinernema* Travassos, 1927 and *Heterorhabditis* Poinar, 1976 in la Ciénega de Chapala, Michoacán, Mexico

**ABSTRACT.** Entomopathogenic Nematodes (NEP's) by their high capability of pathogenicity and search are one of the most studied ecological alternatives for pest control. Despite being organism distributed in all type of ecosystems, it has been seen that the success of biological control programs with these natural enemies depends of their adaptation to the environment of application spots. In México, there are some reports of NEP's presence, nevertheless, for Michoacán, there is no information about their distribution in cultivated and not cultivated soils. Explore the possible factors that may influence their distribution and presence in agricultural soils, is the first step for the design of biological pest control programs. The objectives of this work was to explore and isolate NEP's in cultivated and no cultivated soils of the Ciénega de Chapala, Michoacán. Of the 73 samples, 65.75% (48) were for genus *Steinernema* and only 1.36% (1) for *Heterorhabditis*. Also the soil analysis shown that exist relation between their presence, edaphic conditions and soils use. The results revealed that the NEP's are amply distributed in the studied region.

**Keywords:** Steinernematidae, Heterorhabditidae, pest control.

## INTRODUCCIÓN

Los nematodos entomopatógenos (NEP's) son parásitos obligados de insectos y con un amplio abanico de hospederos susceptibles; como, lepidópteros, coleópteros y dípteros (Haukeland, 1993; Burnell y Stock, 2000). Los NEP's de las familias *Steinernematidae* y *Heterorhabditidae* son los más estudiados, por la rapidez con que eliminan a sus hospederos (24-48 h). La alta virulencia de los NEP's se debe a la asociación mutualista con bacterias de los géneros *Xenorhabdus* (*Steinernematidae*) y *Photorhabdus* (*Heterorhabditidae*) (Boemare *et al.*, 1993; Adams y Nguyen, 2002). La familia Steinernematidae contiene dos géneros, *Steinernema* y *Neosteinerema*, con 60 especies descritas para el primero y una para el segundo. La familia Heterorhabditidae es

monogénica, describiéndose hasta ahora 21 especies del género *Heterorhabditis* (Karthik-Raja *et al.*, 2011).

Los nematodos infectan al insecto a través de los orificios naturales (boca, ano, espiráculos), las especies del género *Heterorhabditis* pueden ingresar directamente a través de la cutícula rompiendo las membranas intersegmentales del insecto mediante un diente dorsal. Una vez en el hemocele del insecto, los estadios juveniles infectivos (J3) liberan las bacterias simbiotas que lleva en su intestino y estas proveen las condiciones adecuadas para que el nematodo continúe creciendo. Las bacterias liberan toxinas y exoenzimas que matan al insecto por septicemia en aproximadamente 24-48 h (Wang y Bedding, 1996; Torrini *et al.*, 2014). La sobrevivencia de los J3 en el suelo en ausencia de un hospedero depende de factores como: temperatura, humedad, enemigos naturales y tipo de suelo (Smart, 1995; Lacey y Georgis, 2012; Mejía-Torres y Sáenz, 2013). Los nematodos entomopatógenos tienen un gran potencial como agentes de control biológico de importantes insectos plaga, ya que son ambientalmente seguros y con menor probabilidad de inducir resistencia en los insectos (Bedding, 1990; Gaugler y Kaya, 1990). El contar con especies adaptadas a las condiciones edafoclimáticas regionales, es el primer requisito para establecer programas exitosos de control biológico con estos entomopatógenos (Mehreen y Shahina, 2012) ya que el periodo de tiempo en que los juveniles pueden sobrevivir depende la temperatura, humedad y tipo de suelo, entre otros factores (Smart, 1995), a los cuales las especies locales ya cuentan con cierto grado de adaptación. Ejemplos de programas de control biológico desde los años 90<sup>s</sup> con el uso de estos entomopatógenos se encuentran en Florida, Estados Unidos, donde se ha probado su eficacia para controlar ortópteros y coleópteros en campos recreativos (Shank y Agudelo-Silva, 1990; Smart, 1995). La selección de NEP's para el control de un insecto plaga en particular, se basa en varios factores que incluyen: rango de hospederos, búsqueda de hospedero o de alimento, tolerancia a factores ambientales (temperatura, humedad, tipo de suelo, exposición a la luz ultravioleta, salinidad y contenido orgánico del suelo), medios de aplicación, agroquímicos y sus efectos en la supervivencia y eficacia (Lacey y Georgis, 2012). El estudio de los NEP's en Latinoamérica ha sido escaso (Kaya *et al.*, 2006) o poco reportado en revistas de alto impacto, y aún más escasos son los reportes de aislamientos de especies nativas; por ejemplo, Poinar (1990) cita el primer caso de la especie *S. carpocapsae* en Chihuahua. Por su parte, Cortez *et al.* (2003) aislaron *H. indica* de una región tropical en Tabasco. Especies no identificadas de *Heterorhabditis* sp., y *Steinernema* sp., han sido colectadas de la región protegida "Chorros del Varal", Los Reyes, Michoacán. (Arriaga, 2015). Por su parte Nguyen *et al.* (2004) describen una nueva especie de *H. mexicana* en Tamaulipas. Otros investigadores han registrado la presencia de NEP's en diferentes municipios de los Estados de Colima, Jalisco y Michoacán (Molina-Ochoa *et al.*, 2003; Zepeda-Jazo *et al.*, 2014); sin embargo, para Michoacán solo se exploraron ocho sitios y todos de suelos agrícolas cultivados con maíz. Considerando la superficie (58 599 km<sup>2</sup>) y la variabilidad de condiciones agroclimáticas del Estado, es posible que la riqueza de especies de NEP's de esta región del país sea mayor que la registrada hasta el momento, principalmente si se consideran terrenos menos perturbados que los sistemas agrícolas convencionales. El objetivo del estudio fue el de explorar, aislar y determinar la presencia de nematodos entomopatógenos en suelos cultivados y no cultivados del Noroeste de Michoacán.

## MATERIALES Y MÉTODO

Se seleccionaron 10 municipios, todos pertenecientes al Estado de Michoacán de Ocampo y enmarcados como zona de influencia de la Universidad de La Ciénega del mismo Estado (Chávez-Campos, 2010); de esos sitios se tomaron 73 muestras de suelo, considerando suelos cultivados y

no cultivados como primer criterio. También, se consideraron los cultivos predominantes y el uso de los suelos de cada municipio. El número de muestras por municipio se realizó con base a la extensión territorial de los mismos (Cuadro 1).

Cuadro. 1. Distribución de sitios de muestreo de suelos cultivados y no cultivados.

Municipio	Suelos Agrícolas cultivados	Suelos no cultivados	N° muestras
Chavinda	3	3	6
Cojumatlan	2	3	5
Cotija	1	5	6
Jiquilpan	3	6	9
Marcos Castellanos	1	7	8
Pajacuarán	6	1	7
Sahuayo	2	2	4
Santiago	3	6	9
Tangamandapio			
Venustiano Carranza	5	4	9
Villamar	4	6	10

Las muestras de suelos fueron compuestas aproximadamente por 1 kg de suelo, producto de tres submuestras al azar, a una profundidad de 10 a 20 cm. Las muestras se almacenaron en bolsas de polietileno para evitar la pérdida de humedad y se guardaron en hieleras a 15 °C aproximadamente (Stock *et al.*, 1999), para su traslado al Laboratorio de Biología Celular de la Universidad de La Ciénega. Se determinó la textura del suelo por el método de Bouyoucus (Gee y Bauder, 1986), porcentaje de materia orgánica por combustión húmeda (Nelson y Sommers, 1996) y pH por el método de potenciómetro (Jackson, 1964). Además, se determinó la presencia de NEP's con respecto al uso de suelo, separándolos en tres condiciones, suelo agrícola cultivado, suelo agrícola no cultivado y suelo no agrícola.

La recuperación de los nematodos se realizó mediante la técnica de cebado (Beding y Akhurst, 1975) en cajas Petri con 30 gr de suelo tamizado, se agregaron cinco larvas de *Galleria mellonella* por muestra. Pasados 7 días se recogieron los cadáveres con signos de infección, se hicieron lavados en agua estéril e hipoclorito de sodio al 1 % y se colocaron en trampas White modificadas (caja Petri inclinada con papel filtro humedecido con 2 ml de H<sub>2</sub>O estéril) para esperar la emergencia de los NEP's (Kaya y Stock, 1997). Con los nematodos obtenidos de las trampas White se reinocularon larvas de *G. mellonella* para comprobar los postulados de Koch; en cajas Petri y papel filtro se agregó 0.5 ml de agua estéril y 0.5 ml de suspensión de nematodos con tres larvas por caja (tres repeticiones). Finalmente, la patogenicidad de los JI se determinó colocando cinco larvas de *G. mellonella* sobre un papel filtro húmedo con suspensión de JI dentro de una caja Petri (60 x 15 mm). Mediante la mortalidad y sintomatología de los cadáveres (48 h) se determinará la patogenicidad de los nematodos (Stock y Goodrich, 2012). Preliminarmente, los ejemplares se determinaron a nivel de género, por medio de la coloración que mostraron los cadáveres; los infectados por *Steinernema* tienen una coloración ocre, marrón (negro para *S. siamkayai*) y una coloración rojo ladrillo a púrpura (verdoso para *H. zealandica*) oscuro para los *Heterorhabditis* (Kaya y Gaugler, 1993).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De 73 muestras colectadas, se obtuvieron 49 positivas con presencia de NEP's que corresponden a un 67.12 %, para el género *Steinernema* y con un sitio positivo (1.36 %) para *Heterorhabditis*.

Resultados inferiores han sido reportados en otras regiones del suroeste del país (Girón *et al.*, 2012); sin embargo, la relación de mayor a menor de *Steinernema-Heterorhabditis*, prevalece en otros sitios; estos mismos autores reportaron que de 55 muestras de suelo de 13 comunidades del valle central de Oaxaca, 27 fueron positivas para nematodos pero no necesariamente por entomopatógenos. De acuerdo a la coloración de los cadáveres, el 81 % se infectaron por NEP's del genero *Steinernema* y 19 % por *Heterorhabditis*.

Previamente, se han encontrado diferencias estadísticas con respecto a la altitud, temperatura y humedad del suelo y la presencia de NEP's (Campos-Herrera *et al.*, 2007), en este estudio se encontró una distribución aleatoria de NEP's en relación a los mencionados parámetros (datos no presentados). Así mismo, se presentó una relación entre el uso de suelo y la presencia de NEP's; obteniendo 20 sitios positivos en suelos agrícolas cultivados; seis sitios positivos con uso de suelo agrícola no cultivado (53.06 % de suelos agrícolas) y 23 de los sitios positivos correspondieron a suelos no agrícolas (46.93 %). Resultados similares ya se habían reportado para el Estado de Colima (Zepeda-Jazo *et al.*, 2014), donde se observó una mayor prevalencia de NEP's del genero *Steinernema* en comparación con los de *Heterorhabditis*.

El tipo de suelo es uno de los factores más importantes que afectan la distribución de NEP's, generalmente suelos con alto contenido de arena y bajo contenido de arcilla, donde se han reportado mayor presencia de NEP's (Eivazian *et al.*, 2009). En este estudio la mayoría de los sitios positivos (~50 %) corresponden a suelos Franco-Arcillo-Arenosos. Esto concuerda con una mayor movilidad de estos microorganismos en el suelo (Rovesti *et al.*, 1991); sin embargo, se observó una alta presencia en suelos con altos contenidos de arcilla y una menor distribución en suelos con contenidos superiores de arena, lo que puede estar relacionado con menor contenido de humedad, baja cantidad de vegetación e insectos (Fig. 1).

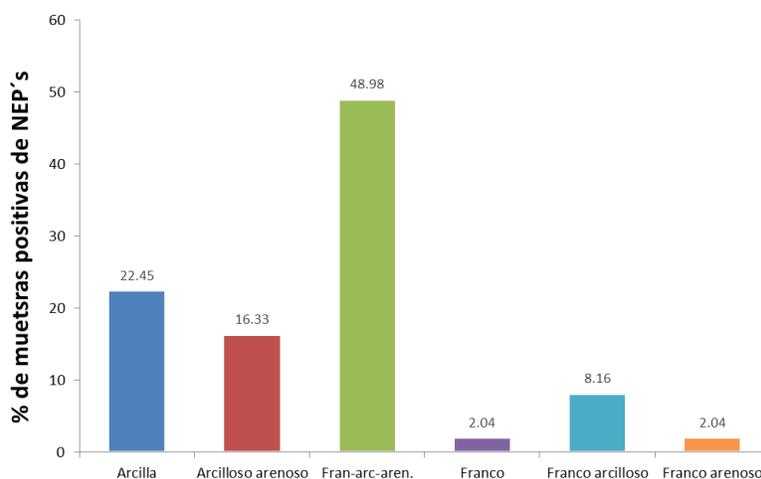


Figura 1. Presencia de NEP's por tipos de suelos de la región de La Ciénega, Michoacán.

Con respecto a las propiedades químicas del suelo, encontramos una mayor presencia de NEP's en suelos con pH ácidos en relación con los suelos alcalinos (Fig. 2). Resultados similares han sido reportados, con distribuciones mayores de NEP's en suelos con pH ácidos o neutros (Uribe-Lorio *et al.*, 2005; Melo *et al.*, 2009), suelos que por sus características químicas son propicios para la agricultura y para una mayor proliferación de insectos del suelo.

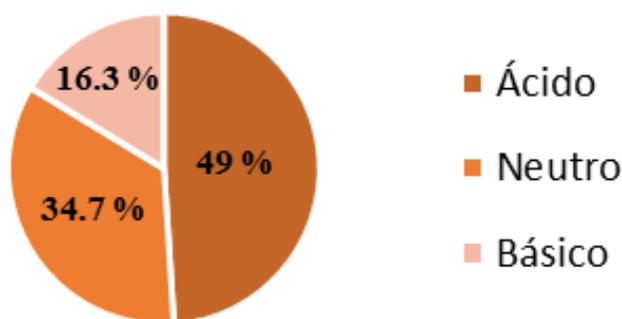


Figura 2. Presencia de NEP's por pH de suelos de la región de La Ciénega, Michoacán.

La presencia de NEP's fue más frecuente en suelos con alta (2.4 a 4.1 %) y muy alta (> 4.1 %) materia orgánica (Fig. 3); sin embargo, también encontramos NEP's en suelos con materia orgánica en los rangos de pobre (0.5 a 1.8 %) y muy pobre (< 0.5 %). La presencia de NEP's se relaciona con suelos franco-arcillo-arenosos, aptos para el desarrollo de plantas e insectos edáficos.

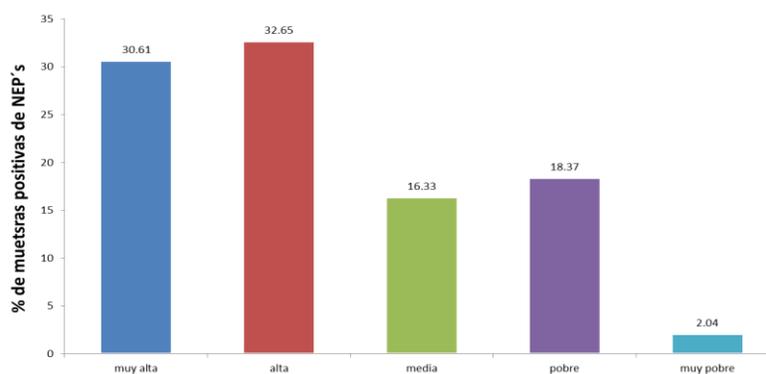


Figura 3. Efecto del contenido de materia orgánica en la presencia de NEP's en suelos de la región Ciénega, Michoacán.

## CONCLUSIÓN

Por primera vez se reporta la presencia de NEP's en suelos agrícolas cultivados, agrícolas no cultivados y no agrícolas de la región Ciénega, Michoacán. Se encontró que las propiedades físicas y químicas del suelo influyen sobre la presencia de NEP's en los suelos evaluados, así como una mayor adaptabilidad de los Steinerneimatidos a los diferentes condiciones edafoclimáticas de los suelos de Michoacán. La conservación e identificación de estos NEP's es importante para nuevos estudios de patogeneidad como agentes de control biológico de plagas de la región.

## Agradecimientos

A la M. en C. Verónica Núñez Oregel y al Dr. Lenin Medina Orozco por apoyo en los análisis de suelo y su interpretación, respectivamente. Apoyo de proyecto PROMEP 103.5/13/6816 e Infraestructura CONACyT 204910.

## Literatura Citada

Adams, B. J. and K. B. Nguyen. 2002. *Taxonomy and systematics*. Pp: 1–33. In: Gaugler, R. (Ed.), *Entomopathogenic Nematology*. CABI Publishing, Walling-ford, UK.

- Arriaga, M. A. 2015. Factibilidad del empleo de nematodos entomopatógenos en el control de *Musca domestica* L. en La Ciénega de Chapala, Michoacán, México. Tesis de Maestría en Ciencias. CIIDIR-IPN, Unidad Michoacán. Jiquilpan, Mich. 85 p.
- Bedding, R. A. 1990. *Logistics and strategies for introducing entomopathogenic nematode technology into developing countries*. Pp: 233–245. In: Gaugler, R. and H. K. Kaya (Eds.). *Entomopathogenic Nematodes in Biological Control*. CRC Press, Boca Raton, Florida.
- Bedding, R. A. and R. J. Akhurst. 1975. A simple technique for the detection of insect parasitic rhabditid nematodes in soil. *Nematologica*, 21: 109–110.
- Boemare, N. E., Akhurst, R. J. and R. G. Mourant. 1993. DNA relatedness between *Xenorhabdus* ssp. (*Enterobacteriaceae*), symbiotic bacteria of the entomopathogenic nematodes, and a proposal to transfer *Xenorhabdus luminescens* to a new genus, *Photorhabdus* gen. nov. *International Journal of Systematic Bacteriology*, 43(2): 249–255.
- Burnell, A. M. and S. P. Stock. 2000. *Heterorhabditis*, *Steinernema* and their bacterial symbionts – Lethal pathogens of insects. *Nematology*, 2(1): 31–42.
- Campos-Herrera, R., Escuer, M., Labrador, S., Robertson, L., Barrios, L. and C. Gutiérrez. 2007. Distribution of the entomopathogenic nematodes from La Rioja (Northern Spain). *Journal of Invertebrate Pathology*, 95: 125–139.
- Chávez-Campos, M. 2010. Plan de Desarrollo Institucional 2010-2012. Universidad de La Ciénega del Estado de Michoacán de Ocampo. *Editorial Pelicano*, México, 104 p.
- Cortez-Madrigal, H., Morales-Salvador, P. y B. Adams. 2003. Primer registro en México del *Heterorhabditis indicus* Poinar Pp: 68–70. In: Vázquez-García, M., Pérez Domínguez, J. F., Ibarra-Cortés, K. H., Balpuebla-León, C. L., Vázquez-Reyes, J. R., Cervantes-Ríos, J. y N. Ibarra-Frías. (Eds.). *Memorias del XXVI Congreso Nacional de Control Biológico*. Sociedad Mexicana de Control Biológico, Texcoco, México.
- Eivazian, K. N., Niknam, G., Griffin, C. T., Mohammadi, S. A. and M. Moghaddam. 2009. A survey of entomopathogenic nematodes of the families Steinernematidae and nematode Heterorhabditidae (Nematoda: Rhabditida) in the northwest of Iran. *Nematology*, 11: 107–116.
- Gaugler, R. and H. Kaya. 1990. *Entomopathogenic nematodes in biological control*. CRC Press, inc. 365p.
- Gee, G. W. and J. W. Bauder. 1986. Particle-size Analysis. Pp: 383–411. In: Page, A. L. (Ed.). *Methods of soil analysis, Part 1, Physical and mineralogical methods*. Second Edition, Agronomy Monograph 9, American Society of Agronomy, Madison, WI.
- Girón, P. S., Ruiz-Vega, J., Pérez-Pacheco, R., Sánchez-García, J. A. and T. Aquino-Bolaños. 2012. Isolation of entomopathogenic nematodes and control of *Phyllophaga vetula* Horn in Oaxaca, Mexico. *African Journal of Biotechnology*, 11(99): 16525–16531.
- Haukeland, S. 1993. Entomopathogenic nematodes found in Norway. *Norwegian Journal of Agricultural Sciences*, 7: 17–27.
- Jackson, M.L. 1964. *Análisis químico de suelos*. Traducido al español por J. Beltrán M. Editorial Omega. Barcelona, España. 662 p.
- Karthik-Raja, R., Padmanaban, K. and S. Sivaramakrishnan. 2011. *Entomopathogenic Nematodes: A Best Bio-control Agent for Insect Pest*. LAP Lambert Academic Publishing, U.S.A. 128 p.
- Kaya, H. K., Aguilera, M. M., Alumai, A., Choo, H. Y., De la Torre, M., Fodor, A., Ganguly, S., Hazir, S., Lakatos, T., Pye, A., Wilson, M., Yamanaka, S., Yang, H. and R. U. Ehlers. 2006. Estatus of entomopathogenic nematodes and their symbiotic bacteria from selected countries or regions of the world. *Biological control*, 38: 134–155.
- Kaya, H. K. and R. Gaugler. 1993. Entomopathogenic nematodes. *Annual Review of Entomology*, 38: 181–206.
- Kaya, H. K. and S. P. Stock. 1997. Techniques in insect nematology. Pp. 281–324. In: Lacey, L. A. (Ed.). *Manual of Techniques in Insect Pathology*. San Diego, CA: Academic Press.
- Lacey, L. A. and R. Georgis. 2012. Entomopathogenic nematodes for control of insect pests above and below ground with comments on commercial production. *Journal of Nematology*, 44(2): 218–225.

- Mehreen, G. and F. Shahina. 2012. Determination and biocontrol potential of endemic entomopathogenic nematodes through cluster analysis. *Pakistan Journal of Nematology*, 30(2): 87–99.
- Mejia-Torres, M. C. and A. Sáenz. 2013. Ecological characterisation of the Colombian entomopathogenic nematode *Heterorhabditis* sp. SL0708. *Brazilian Journal of Biology*, 73(2): 239–243.
- Melo, E., Ortega, C. A., Susurluk, A., Gaigl, A. y A. C. Bellotti. 2009. Poblaciones de nematodos entomopatógenos (Rhabditida) en cuatro departamentos de Colombia. *Revista Colombiana de Entomología*, 35(1): 28–33.
- Molina-Ochoa, J., Lezama-Gutiérrez, R., González-Ramírez, M., López-Edwards, M., Rodríguez-Vega, M. A. and F. Arceo-Palacios. 2003. Pathogens and parasitic nematodes associated with populations of fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) larvae in México. *Florida Entomologist*, 86(3): 244–253.
- Nelson, D. W. and L. E. Sommers. 1996. Total carbon, organic carbon, and organic matter. Pp. 961–1010. In: Black, C. A. (Ed.) *Methods of soil analysis. Part 3. Chemical methods*. Soil Science of America and American Society of Agronomy, Madison, WI.
- USANguyen, K. B., Shapiro-Ilan, D. I., Stuart, R. J., McCoy, C. W., James, R. R. and B. J. Adams. 2004. *Heterorhabditis mexicana* n sp. (Heterorhabditidae: Rhabditida) from Tamaulipas, Mexico, and morphological studies of the bursa of *Heterorhabditis* spp. *Nematology*, 6: 231–244.
- Poinar, G. O. Jr. 1990. Taxonomy and biology of Steinernematidae and Heterorhabditidae. Pp. 23–61. In: Gaugler, R. and H. K. Kaya (Eds.). *Entomopathogenic Nematodes in Biological Control*. Boca Raton: CRC Press.
- Rovesti, L., Heinzpeter, E. W. and K. V. Deseö. 1991. Distribution and persistence of *Steinernema* spp. and *Heterorhabditis* spp. (Nematodes) under different field conditions. *Anz. Schädlingskde, Pflanzenschutz, Umweltschutz* 64: 18–22.
- Shanks, C. H., Jr. and F. Agudelo-Silva. 1990. Field pathogenicity and persistence of heterorhabditid and steinernematid nematodes (Nematoda) infecting black vine weevil larvae (Coleoptera: Curculionidae) in cranberry bogs. *Journal of Economical Entomology*, 83: 107–110.
- Smart, Jr. G. C. 1995. Entomopathogenic nematodes for de biological control of insects. *Supplement to the Journal of Nematology*, 27(4S): 529–534.
- Stock, S. P., Pryor, B. M. and H. K. Kaya. 1999. Distribution of entomopathogenic nematodes (Steirnerematidae and Heterorhabditidae) in natural habitats in California, USA. *Biodiversity and Conservation*, 8: 535–549.
- Stock, S. P. and H. Goodrich-Blair. 2012. Nematode parasites, pathogens and associates of insects and invertebrates of economic importance. Pp. 375–425. In: Lacey, L. A. (Ed.). *Manual of Techniques in Invertebrate Pathology*. Elsevier Press.
- Torrini, G., Landi, S., Benvenuti, C., De Luca, F., Fanelli, E., Troccoli, A., Tarasco, E., Bazzoffi, P. and P. F. Roversi. 2014. Morphological and molecular characterization of a *Steinernema carpocapsae* (Nematoda Steinernematidae) strain isolated in Veneto region (Italy). *Redia*, 97: 89–94.
- Uribe-Lorío, L., Mora, M. and S. P. Stock. 2005. First record of entomopathogenic nematodes (Steinernematidae and Heterorhabditidae) in Costa Rica. *Journal of Invertebrate Pathology*, 88: 226–231.
- Wang, J. and R. A. Bedding. 1996. Population development of *Heterorhabditis bacteriophora* and *Steirnerinema carpocapsae* in the larvae of *Galleria mellonella*. *Fundamental Applied Nematology*, 19: 363–367.
- Zepeda-Jazo, I., Molina-Ochoa, J., Lezama-Gutierrez, R., Skoda, S. R. and J. Foster. 2014. Survey of entomopathogenic nematodes from the families Steinernematidae and Heterorhabditidae (Nematoda: Rhabditida) in Colima, México. *International journal of tropical insect science*, 34(1): 53–57.