

Nematodos asociados al nopal *Opuntia ficus-indica* L. (Miller) en Milpa Alta, Ciudad de México*

Nematodes associated with nopal *Opuntia ficus-indica* L. (Miller) in Milpa Alta, Mexico City

Martín Palomares-Pérez^{1§}, Beatriz Rodríguez-Vélez¹ y Miguel Ángel Ayala-Zermeño¹

¹Centro Nacional de Referencia de Control Biológico, SENASICA-SAGARPA. Carretera Tecomán-Estación FFCC, km 1.5. Colonia Tepeyac, C. P. 28110, Tecomán, Colima, México. (beatriz_rv@yahoo.com; ayalazermeno@yahoo.com.mx). [§]Autor para correspondencia: mpalomares@colpos.com.mx.

Resumen

En Milpa Alta, al sur de la ciudad de México se localiza la principal zona productora de nopal verdura *Opuntia ficus-indica* L. a nivel nacional. Se realizó un muestreo sistemático para determinar la existencia de nematodos asociados a la rizósfera del cultivo de nopal verdura. Se identificaron 11 géneros de importancia fitosanitaria, dentro de los que sobresale *Cactodera cacti* (Filipjev y Schuurmans-Stekhoven, 1941) Krall y Krall, 1978, principal nematodo de importancia en el cultivo de nopal.

Palabras clave: *Cactodera cacti*, *Opuntia ficus-indica*, fitopatógenos, quistes.

El género *Opuntia* es originario del centro y sur de México. En este país es un cultivo muy importante (Griffith, 2004; Casas y Barbera, 2002) debido a que los mexicanos, especialmente del centro, consumen nopalitos (*Opuntia* joven comestible) desde hace miles de años. Esta planta se cultiva en más de 13 000 ha, pero la localidad de Milpa Alta, al sur de la Ciudad de México produce más de 40% del nopal verdura (SIAP, 2013). Se conoce en esta zona la existencia de plagas y enfermedades que merman la producción de esta hortaliza, afectando principalmente el vigor de la planta, causando debilitamiento, clorosis e infestaciones severas que le pueden ocasionar la muerte (Palomares-Pérez *et al.*,

Abstract

In Milpa Alta, south of Mexico City is located the main producing area of nopal *Opuntia ficus-indica* L. systematic sampling was performed to determine the existence of nematodes associated with the rhizosphere of crop. 11 genera of phytosanitary importance were identified, outstanding *Cactodera cacti* (Filipjev and Schuurmans-Stekhoven, 1941; Krall and Krall, 1978), main nematode of importance in the cultivation of nopal.

Keywords: *Cactodera cacti*, *Opuntia ficus-indica*, cysts, phytopathogens.

The genus *Opuntia* is native to central and southern Mexico. In this country it is a very important crop (Griffith, 2004; Casas and Barbera, 2002) because the Mexicans, especially downtown, eat nopal (*Opuntia* young edible) for thousands of years. This plant is grown in more than 13 000 ha, but the village of Milpa Alta, south of Mexico City produces more than 40% of nopal (SIAP, 2013). It is known in this area the existence of pests and diseases that reduce the production of this crop, mainly affecting the vigour of the plant, causing weakness, chlorosis and severe infestations that can cause death (Palomares-Pérez *et al.*, 2010; CESAVEDF, 2011; Palomares-Pérez *et al.*, 2012). However, in Mexico there are no formal studies to identify the organisms associated

* Recibido: enero de 2015
Aceptado: abril de 2015

2010; CESAVEDF, 2011; Palomares-Pérez *et al.*, 2012). Sin embargo, en México no existen estudios formales que identifiquen a los organismos asociados con el cultivo del nopal, *Opuntia ficus-indica* L. (Miller) ni los efectos o daños que estos le puedan causar a la planta, ni tampoco existen estudios que permitan conocer su distribución en el cultivo, por tal motivo, el objetivo del presente trabajo es dar a conocer los diferentes nematodos que se presentan e identificar los que posiblemente pudieran causar algún daño a este cultivo.

El trabajo de campo se realizó en la localidad de Milpa Alta, Distrito Federal, México, ubicada entre los 19° 04' - 19° 12' latitud norte y 99° 08' - 99° 57' longitud oeste, 2 200 a 3 000 msnm. El método de muestreo se basó en recolecta de muestras mensuales de suelo de abril de 2011 a septiembre de 2012. Debido a la diversidad orográfica de la zona, y la operatividad para el muestreo, la recolecta de suelo se realizó mediante un muestreo simple estratificado con base en la altitud y puntos cardinales. Las muestras se extrajeron con una cavadora agrícola de mangos cuadrados colocada a 5 cm del tallo de la planta y a 15 cm de profundidad. El área de estudio se dividió en cuatro categorías, conforme al rango de altitud: A-I) 2 950 a 2 750; A-II) 2 750 a 2 600; A-III) 2 600 a 2 470 y A-IV) 2 470 a 2 320 msnm. Los sitios en la zona de estudio fueron debidamente georreferenciados con un geoposicionador satelital (GPS 12 XL Garmin Olathe, KS, USA). De ésta manera se eligió un total de 12 parcelas como sitios de muestreo. En cada parcela se realizó un submuestreo bajo la metodología cinco de oros, con raíces correspondientes a 1 kg de peso por cada uno, se homogeneizó y se obtuvo una muestra final de 1 kg.

La extracción de nematodos se realizó utilizando de cada muestra 250 cm³ de suelo para cuantificar quistes mediante la técnica de flotación de Fenwick (Southey, 1985), y para nematodos filiformes se utilizó 200 cm³ de suelo mediante el método de tamizado y centrifugado (S'Jacob y Bezooijen, 1984).

Los ejemplares filiformes extraídos se fijaron en formol caliente al 4% y se transfirieron a glicerina anhidra (Seinhorst, 1959; Seinhorst, 1962). Se examinaron los ejemplares montados de manera permanente en portaobjetos, para lo que se utilizó el método del anillo de parafina (S'Jacob y Bezooijen, 1984). Para los nematodos enquistadores las características morfológicas se determinaron mediante un análisis micrométrico.

Una vez montados, se procedió a su identificación con apoyo de literatura especializada: las claves de géneros y especies de la familia Heteroderidae de Sosa-Moss (1997),

with growing nopal, *Opuntia ficus-indica* L. (Miller) and the effects or damage they may cause to the plant, there are no studies to know their distribution in the crop, for this reason, the aim of this paper is to present the different nematodes present and identify those that could possibly cause some damage to the crop.

Fieldwork was conducted in the village of Milpa Alta, Distrito Federal, Mexico, located between 19° 04' - 19° 12' north latitude and 99° 08' - 99° 57' west longitude, 2 200-3 000 m. The sampling method was based on monthly collected soil samples from April 2011 to September 2012. Due to the diverse mountain area, and operability for sampling, the collected soil was performed using a simple stratified sampling Based on altitude and directions. The samples were extracted with an agricultural digger of square handles placed 5 cm from the stem of the plant and 15 cm deep. The study area was divided into four categories according to altitude range: AI) 2 950-2 750; A-II) 2 750-2 600; A-III) 2 600-2 470 and A-IV) 2 470 a 2 320 m. The sites in the study area were duly georeferenced with a satellite geoposicionador (Garmin GPS 12 XL Olathe, KS, USA). In this way a total of 12 plots as sampling sites were chosen. In each plot subsampling was performed under the five "golds" methodology, with roots corresponding to 1 kg each, homogenized and a final sample of 1 kg was obtained.

Nematode extraction was performed using each sample of 250 cm³ of soil to quantify cysts by Fenwick flotation technique (Southey, 1985) and for threadlike nematodes we used 200 cm³ of soil by sieving and centrifugation method (S'Jacob and Bezooijen, 1984).

Filiform extracted specimens were fixed in 4% formaldehyde hot and transferred to anhydrous glycerin (Seinhorst, 1959; Seinhorst, 1962). Specimens mounted permanently on slides were examined, for which the method of the wax was used (S'Jacob and Bezooijen, 1984). For the cyst nematodes, the morphological characteristics were determined using a micrometer analysis.

Once assembled, they proceeded to their identification with the support of specialized literature: the keys to genera and species of Heteroderidae family of Sosa-Moss (1997) of cyst nematodes of Mai and Lyon (1975) and cyst and filiform of Zuckerman *et al.* (1990), for Tylenchida of Siddiqi (2000); for Aphelenchida of Hunt (1993); and for Dorylaimida of Jairajpuri and Ahmad (1992).

de nematodos enquistadores de Mai y Lyon (1975) y enquistadores y filiformes de Zuckerman *et al.* (1990), para Tylenchida de Siddiqi (2000); para Aphelenchida de Hunt (1993); y para Dorylaimida de Jairajpuri y Ahmad (1992).

Un total de 11 géneros de nematodos fitopatógenos se identificaron sobre la rizosfera de *O. ficus-indica* distribuidos en las coordenadas y altitudes antes mencionadas (Cuadro 1).

A total of 11 kinds of pathogenic nematodes were identified on the rhizosphere of *O. ficus-indica* distributed in the coordinates and altitudes above (Table 1).

Of the species found, *Tylenchorhynchus* sp., apparently showed a higher distribution by appearing more often in ten of the 12 sampled sites, followed by *Aphelenchus* sp. with a presence in seven sites *Criconemella* sp., and

Cuadro 1. Coordenadas y altitud donde se recolectaron los diferentes géneros de nematodos identificados en Milpa Alta, Ciudad de México.

Table 1. Coordinates and elevation where different nematode genera identified in Milpa Alta, Mexico City were collected.

Muestra	Latitud N	Longitud W	Altitud (msnm)	Géneros
1	19° 13' 30.7"	99° 01' 11.1"	2549	5,10,12,
2	19° 13' 24.4"	99° 01' 03.6"	2540	1,4,5,10,12
3	19° 11' 55.3"	99° 01' 15.0"	2387	3,4,5,10,11,12
4	19° 12' 00.3"	99° 01' 45.2"	2390	2,10,11
5	19° 13' 23.4"	99° 02' 00.0"	2627	1,10,12
6	19° 13' 18.1"	99° 02' 21.7"	2573	1,2,3,4,6,10,12
7	19° 12' 02.1"	99° 02' 26.5"	2499	1,2,5,10
8	19° 11' 59.3"	99° 02' 25.9"	2502	1,8,10,12
9	19° 10' 26.9"	99° 02' 59.9"	2790	3,5,6,9,10,11
10	19° 10' 05.5"	98° 59' 53.0"	2726	5, 11, 2, 1
11	19° 09' 31.4"	99° 00' 36.3"	2937	2,8,10
12	19° 10' 28.4"	99° 00' 29.6"	2670	1,2,7,11,12

1) *Aphelenchus*; 2) *Criconemella*; 3) *Dorylaimida*; 4) *Helicotilenchus*; 5) *Heterodera*; 6) *Hoplolaimus*; 7) *Longidorus*; 8) *Nacobbus*; 9) *Paratylenchus*; 10) *Tylenchorhynchus*; 11) *Tylenchus*; y 12) *Heterodera* (Quistes).

De las especies encontradas, *Tylenchorhynchus* sp., aparentemente mostró una mayor distribución al registrarse con mayor frecuencia en diez de los 12 sitios muestreados, le siguió *Aphelenchus* sp. con presencia en siete sitios y *Criconemella* sp. y *Cactodera cacti* (Filipjev y Schuurmans-Stekhoven, 1941) Krall y Krall 1978 con presencia en seis de las localidades muestreadas. De estas especies la que representa un mayor peligro para la zona es *C. cacti*, especie probablemente de origen en México, reportada como plaga principal de cactáceas, entre ellas *Opuntia* (Adam, 1932; Filipjev y Schuurmans-Stekhojv, 1941; Ebsary, 1986). Borrego y Burgos (1986) mencionan que *C. cacti* es señalada como una de las especies de nematodos que podían causar problemas al nopal, Rafiq (1986) por otro lado señala que se han encontrado especímenes de *C. cacti* en el sistema radicular de cactáceas como *Disocactus ackermannii* (Lindl.) Barthlott, *Cereus spinulosus* (DC) Britton y Rose y otras especies de la familia que se emplean como ornamentales en países europeos, asiáticos y americanos. De

Cactodera cacti (Filipjev and Schuurmans-Stekhoven, 1941; Krall and Krall, 1978) with presence in six of the sampled locations. Of these species which represents a higher danger to the area is *C. cacti* species probably originated in Mexico, reported as a major pest of cacti, including *Opuntia* (Adam, 1932; Filipjev and Schuurmans-Stekhojv, 1941; Ebsary, 1986). Borrego and Burgos (1986) mentioned that *C. cacti* is mentioned as one of the species of nematodes that could cause problems nopal, Rafiq (1986) on the other hand, states that found specimens of *C. cacti* in the root system of cacti such as *Disonopal ackermannii* (Lindl.) Barthlott, *Cereus spinulosus* (DC) Britton and Rose and other species of the family that are used as ornamental in European, Asian and American. Similarly, Evans and Rowe (1998) mentioned that, the species *Cactodera* are found in members of Cactaceae, Amarantaceae and Chenopodiaceae in Durango and sour tuna (Xoconostle) in Hidalgo (Baldwin and Mundo-Ocampo, 1992; Montiel *et al.*, 2001). The presence in Mexico of *C. cacti* has great economic importance due to its great ability to survive as a

igual forma, Evans y Rowe (1998) mencionan que especies de *Cactodera* son encontradas en miembros de Cactaceae, Amarantaceae y Chenopodiaceae en Durango y tuna ácida (Xoconostle) en Hidalgo (Baldwin y Mundo-Ocampo, 1992; Montiel *et al.*, 2001). La presencia en México de *C. cacti* tiene gran importancia económica, debido a su gran capacidad de supervivencia en forma de quiste, lo que le permite por una parte, dispersarse de región a región o de país a país, y por otra permanecer por muchos años como fuente primaria de inóculo en terrenos infestados (Sosa-Moss, 1997). No se ha determinado su patogenicidad en el género *Opuntia*, pero es posible que el nematodo contribuya a provocar infecciones secundarias por hongos y/o bacterias (Baldwin y Mundo-Ocampo, 1992).

Longidorus y *Aphelenchus* han sido reportados sobre nopal verdura en la Provincia de Santiago del Estero, Argentina, ocasionando junto con otros nematodos, problemas de pudrición y rotura de los tallos (Doucet *et al.*, 2001).

Los siguientes ocho géneros: *Criconemella*, *Dorylaimida*, *Helicotilenchus*, *Hoplolaimus*, *Nacobbus*, *Paratylenchus*, *Tylenchorhynchus*, *Tylenchus*, se reportan por vez primera en la rizósfera de *O. ficus-indica*.

Conclusiones

Se identificaron 11 géneros de importancia fitosanitaria, dentro de los que sobresale *Cactodera cacti*, como principal nematodo de importancia en el cultivo de nopal y se recomienda realizar futuros estudios para determinar la relación y efectos que guardan los nematodos.

Agradecimientos

Se agradece a Margarito Hipólito Gerardo Hernández y José Remedios Ramírez Arias, por la valiosa participación en los procesos de extracción de los ejemplares.

Literatura citada

Adam, W. 1932. Norte sur *Heterodera schachtii*schrn. Parasite des cactus. Bulletin du Muséum Royal d'Histoire naturelle de Belgique. 7:1-10.

cyst, which allows on the one hand, spread from region to region and from country to country, and otherwise stay for many years as a primary source of inoculum infested land (Sosa-Moss, 1997). Its pathogenicity has not been determined so far in the genus *Opuntia*, but the nematode may contribute to secondary infections by fungi and bacteria (Baldwin and Mundo-Ocampo, 1992).

Longidorus and *Aphelenchus* have been reported on nopal in the Province of Santiago del Estero, Argentina, along with other nematodes causing problems of rot and stem breakage (Doucet *et al.*, 2001)

The following eight genera: *Criconemella*, *Dorylaimida*, *Helicotilenchus*, *Hoplolaimus*, *Nacobbus*, *Paratylenchus*, *Tylenchorhynchus*, *Tylenchus*, are first reported in the rhizosphere of *O. ficus-indica*.

Conclusions

Eleven genera of plant significance were identified, among which stands *Cactodera cacti*, as the main nematode of importance in the cultivation of nopal and further studies are recommend for determining the relationship and effects that keep the nematodes.

End of the English version



- Baldwin, J. G. and Mundo-Ocampo, M. 1992. Heteroderinae, cyst and non-cyst forming nematodes. *In*: Nickel, W. R. (Ed.). Manual of agricultural nematology. Marcel Dekker, Inc. New York, Basel, Hong Kong. 275-353 pp.
- Borrego, E. F y Burgos, V. N. 1986. El nopal. UAAAN. Saltillo. México. 99 p.
- Casas, A. and Barbera, G. 2002. Mesoamerican domestication and diffusion. *In*: Nobel, P. S. (Ed.). Cacti: biology and uses. California University Press, USA. 143-162 pp.
- CESAVEDF (Comité Estatal de Sanidad Vegetal del Distrito Federal). 2011. www.cesavedf.com.
- Doucet, M. E. Weht, S. and Felker, P. 2001. Nematodes as a possible cause of damage to *Opuntia ficus-indica* in the province of Santiago del Estero, Argentina. *J. Prof. Assoc. Cactus*. 4:84-90.
- Ebsary, B. A. 1986. Species and distribution of Heteroderidae and Meloidogynidae (Nematode: Tylenchida) in Canada. *Can. J. Plant Pathol.* 8:170-184.
- Evans, K. and Rowe, J. 1998. Distribution and economic importance. *In*: Sharma, S. B. (Ed.). The cyst nematodes. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht-Boston-London. 1-30 pp.
- Filipjev, I. N. and Schuurmans-Stekhojv, J. H. 1941. A manual of agricultural helminthology, Leiden, Nederland, E. F. Brill. 870 p.

- Griffith, M. P. 2004. The origins of an important cactus crop, *Opuntia ficus-indica* (Cactaceae): new molecular evidence. *Am. J. Bot.* 91:1915-1921.
- Hunt, D. J. 1993. Aphelendhida, Longidoridae and Trichodoridae: their systematics and bionomics. CAB International, Oxfordshire. 352 p.
- Jairajpuri, M. S. and Ahmad, W. 1992. Dorylaimida. Free-living, predaceous and plant-parasitic nematodes. Brill, E. J. Leiden. 458 p.
- Mai, W. F. and Lyon, H. H. 1975. Pictorial key to genera of plant-parasitic nematodes. Ed. Comstock publishing associates a division of Cornell University Press, Ithaca, USA. 187-191 pp.
- Montiel, D.; Olivares, J. L.; Zavaleta, Z. y Álvarez, S. 2001. Presencia de nematodos del género *Cactodera* en *Xoconostle* (*Opuntia matudae* y *Opuntia joconostle*), en el estado de Hidalgo, México. *Rev. Protección Veg.* 16(2-3):144-146.
- Palomares-Pérez M.; Rodríguez-Leyva, E.; Brailowsky, H. and Ramírez-Alarcón, S. 2010. First record of *Hesperolabops nigriceps* Reuter (Hemiptera: Miridae) on *Opuntia ficus-indica* L. (Miller) in Milpa Alta, México City. *Neotrop. Entomol.* 39(5):829-830.
- Palomares-Pérez, M.; Galeana-de la Cruz, M.; Carrillo-Fonseca, C. y Sancén-Plaza, A. 2012. Reporte de *Narnia femorata* Stal (Hemiptera: Coreidae) sobre *Opuntia ficus-indica* L. (Miller) en Milpa Alta, Ciudad de México. *Southwest Entomol.* 37(3):415-418.
- Rafiq, S. M. 1986. Tylenchida. Parasites of plants and insects. Commonwealth Institute of Parasitology UK. 589 p.
- Seinhorst, J. W. 1959. A rapid method for the transfer of nematodes from fixative to anhydrous glycerine. *Nematologica.* 4:67-69.
- Seinhorst, J. W. 1962. On the killing, fixation and transferring to glycerin of nematodes. *Nematologica.* 8:29-32.
- Siddiqi, M. R. 2000. Tylenchida: parasites of plants and insects. 2ª. (Ed.). CAB International, Wallingford, Oxfordshire. 833 p.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesca). 2013. www.siap.gob.mx.
- S'Jacob, J. J. and Bezooijen, V. 1984. A manual for practical work in nematology. Department of Nematology, Wageningen University. 77 p.
- Sosa-Moss, C. 1997. Clave para los géneros y especies de Heteroderidos (Nematoda) que se enquistan. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. 10 p.
- Southey, J. F. 1985. Laboratory methods for work with plant and soil nematodes. Ed. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food. Technical Bulletin 2 London. 23-34 pp.
- Zuckerman, B. M.; Mai, W. F. and Krusberg, L. R. 1990. Plant nematology. Laboratory manual. Agricultural Experimental Station. University of Massachusetts at Amherst. USA. 252 p.