

Nematodos fitoparásitos asociados al cultivo de papaya (*Carica papaya* L.) en Colima, México*

Phytoparasitic nematodes associated with the cultivation of papaya (*Carica papaya* L.) in Colima, Mexico

José Ángel Martínez Gallardo¹, Tomás Díaz Valdés¹, Raúl Allende Molar², José Alfonso Ortiz Meza², Raymundo Saúl García Estrada² y José Armando Carrillo Fasio^{2§}

¹Facultad de Agronomía Universidad Autónoma de Sinaloa. Carretera Culiacán-Eldorado, km 17.5. Culiacán, Sinaloa. Tel. 016678461084. C. P. 80000 (jose_angel_13@hotmail.com; tdiaz10@gmail.com). ²Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C. Coordinación Culiacán. Carretera Culiacán-Eldorado, km 5.5. Culiacán, Sinaloa. Tel. 016677605536. C. P. 80129. (rallende@ciad.mx; aortiz@ciad.edu.mx; rsgarcia@ciad.mx; acarrillo@ciad.edu.mx). [§]Autor para correspondencia: acarrillo@ciad.edu.mx.

Resumen

Este estudio tuvo como objetivo detectar e identificar los géneros de nematodos fitoparásitos asociados al cultivo de papaya (*Carica papaya* L.) en los municipios de Tecomán y Colima, Colima. Se seleccionaron diez huertos, de siete ranchos en los que se colectaron muestras de raíces y suelo rizosférico; en cada muestra se cuantificó e identificaron las poblaciones de los fitonematodos. Para la identificación específica de *Meloidogyne*, se analizaron cortes perineales de las hembras y se confirmó por reacción en cadena de la polimerasa (PCR). Los géneros de fitonematodos detectados e identificados fueron: *Aphelenchus*, *Ditylenchus*, *Helicotylenchus*, *Paratylenchus*, *Pratylenchus*, *Rotylenchulus*, *Rotylenchus*, *Trophurus*, *Tylenchorrhynchus*, *Tylenchus*, y *Meloidogyne*, con la especie *M. incognita*. Los resultados permiten el reporte por primera vez de *M. incognita*, asociado al cultivo de papaya en Colima, México.

Palabras clave: *Meloidogyne*, *Rotylenchulus*, reacción en cadena de la polimerasa (PCR), suelo rizosférico.

Abstract

This study aimed to detect and identify phytoparasitic nematodes associated with the cultivation of papaya (*Carica papaya* L.) in the municipalities of Tecomán and Colima, Colima. We selected ten orchards, seven ranches in which samples were collected roots and rhizosphere soil, in each sample was quantified and identified populations of phytoparasitic nematodes. For specific identification of *Meloidogyne*, perineal cuts were analyzed and confirmed females by chain reaction (PCR). The genera of phytoparasitic nematodes were detected and identified: *Aphelenchus*, *Ditylenchus*, *Helicotylenchus*, *Paratylenchus*, *Pratylenchus*, *Rotylenchulus*, *Rotylenchus*, *Trophurus*, *Tylenchorrhynchus*, *Tylenchus*, and *Meloidogyne*, with the species *M. incognita*. The results allow the first report of *M. incognita* associated with papaya in Colima, Mexico.

Key words: *Meloidogyne*, *Rotylenchulus*, chain reaction (PCR), rhizosphere soil.

* Recibido: junio de 2013
Aceptado: noviembre de 2013

Introducción

En el cultivo de la papaya (*Carica papaya* L.) se reportan enfermedades causadas por hongos, bacterias, virus y nematodos (Jaraba *et al.*, 2007). Los nematodos fitoparásitos colonizan y se alimentan causando daños en el sistema radical, favoreciendo la penetración de otros patógenos habitantes del suelo (Guzmán y Castaño, 2010). Este tipo de fitoparásitos se han reportado en cultivos de papaya en Costa Rica (Fernández y Quesada, 2009), Brasil (Chaful y De' Arc, 1994) y Colombia (Espinosa *et al.*, 2004); en México, solamente se ha reportado al nematodo agallador *Meloidogyne incognita* raza 1 en los estados de Michoacán y Morelos, así como a *M. arenaria* en Morelos (Cid del Prado *et al.*, 2001).

El conocimiento limitado de técnicas apropiadas para lograr producciones económicamente rentables de papaya, no ha permitido el desarrollo óptimo del cultivo. Los nematodos fitoparásitos han sido poco estudiados (Guzmán y Castaño, 2010). Sumado a éstos factores, el manejo inadecuado de los agroquímicos en el cultivo (especialmente el uso de insecticidas, fungicidas, fertilizantes y nematicidas), la inestabilidad de los precios de la cosecha, los altos costos de los insumos agrícolas, entre otros factores, han contribuido a una reducción en la rentabilidad del cultivo de papaya en las áreas sembradas (Jaraba *et al.*, 2007). Por éstas razones, en el presente estudio, se planteó como objetivo detectar e identificar los géneros de nematodos asociados al cultivo de papaya en los municipios de Tecomán y Colima, Colima, México.

Se tomaron muestras de suelo y raíz de plantas de papaya en 10 huertos en los municipios de Colima y Tecomán, Colima, México. Considerando como criterio la selección de los predios la ubicación geográfica y el tipo de material o híbrido de papaya: "Maradol", "Tainung" y "Sensation" (Cuadro 1). La superficie de cada huerto seleccionado, se dividió en tres lotes y de cada lote se tomaron diez sub muestras de raíz y suelo, las muestras se homogenizaron, y se tomó una muestra de aproximadamente 2 kg de suelo y 0.5 kg de raíz, por cada lote. Para cada punto de muestreo fue tomada la georreferenciación para lo cual se utilizó un equipo de GPS (eTrex H). Las muestras se analizaron en el laboratorio de fitopatología del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD, A.C. Unidad Culiacán).

Introduction

In the cultivation of papaya (*Carica papaya* L.) diseases caused by fungi, bacteria, viruses and nematodes have been reported (Jaraba *et al.*, 2007). Phytoparasitic nematodes colonize and feed causing damage to the root system, favoring the penetration of other pathogens (Guzmán and Castaño, 2010). This type of plant pests have been reported in papaya crops in Costa Rica (Fernández and Quesada, 2009), Brazil (Chaful and De 'Arc, 1994) and Colombia (Espinosa *et al.*, 2004), in Mexico, only the root-knot nematode *Meloidogyne incognita* race 1 has been reported in the States of Michoacan and Morelos, as well as *M. arenaria* in Morelos (Cid del Prado *et al.*, 2001).

The limited knowledge of appropriate techniques to achieve cost-effective production of papaya has not allowed the optimal development of this crop. Phytoparasitic nematodes have been little studied (Guzmán and Castaño, 2010). In addition to these factors, improper handling of agrochemicals in culture (especially the use of insecticides, fungicides, fertilizers and nematicides), volatile crop prices, high costs of agricultural inputs, among other factors, have contributed to a reduction in the profitability of growing papaya in the planted areas (Jaraba *et al.*, 2007). For these reasons, in the present study, we set a goal to detect and identify nematodes associated with papaya crop in the municipalities of Tecomán and Colima, Colima, Mexico.

Soil samples and roots were taken from plants in 10 gardens in the municipalities of Colima and Tecomán, Colima, Mexico. Considering the selection criterion of the properties geographical location and the type of materials or hybrid papaya: "Maradol", "Tainung" and "Sensation" (Table 1). The surface of each selected orchard was divided into three batches and each batch took ten sub- samples of soil and roots; the samples were homogenised and a sample of about 2 kg and 0.5 kg of ground root for each lot. For each sampling point, georeferencing was taken for which we used a GPS unit (eTrex H). The samples were analyzed in the pathology laboratory of the Center for Food Research and Development (ICAS, AC Unit Culiacán).

The threadlike worms were extracted by the technique of screen-funnel (Cobb, 1918). In order to extract the adult females globose nematode galls, crushed roots to select

Cuadro 1. Ubicación de huertos de papaya donde se realizó el muestreo de suelo y raíces, con el fin de detectar nematodos fitoparásitos en los municipios de Colima y Tecmán, Colima, México.

Table 1. Location of papaya orchards which hosted the roots and soil sampling, in order to identify phytoparasitic nematodes in the municipalities of Colima and Tecmán, Colima, Mexico.

Predio	Material-híbrido	Municipio	Coordenadas
Rancho Villa	Sensation	Colima	19°14'38'' N, 103°46'27'' O
Rancho el Balcón	Maradol	Colima	19°14'33'' N, 103°48'27'' O
Fruti Oro	Maradol	Colima	19°12'07'' N, 103°48'41'' O
Fruti Oro	Tainung	Colima	19°12'07'' N, 103°48'41'' O
Rancho Primavera	Tainung	Tecmán	18°52'31'' N, 103°55'20'' O
Rancho Primavera	Maradol	Tecmán	18°52'31'' N, 103°55'20'' O
Rancho Cabeza de toro	Maradol	Tecmán	18°46'15'' N, 103°45'09'' O
Rancho Cabeza de toro	Sensation	Tecmán	18°46'15'' N, 103°45'09'' O
Chula Vista	Tainung	Tecmán	18°46'07'' N, 103°45'07'' O
Rancho Don Polo	Maradol	Tecmán	18°56'56'' N, 104°05'44'' O

Los nematodos filiformes se extrajeron mediante la técnica de tamiz-embudo (Cobb, 1918). Con el fin de extraer a las hembras adultas globosas de nematodo de las agallas, se trituraron las raíces para seleccionar a las hembras para su identificación a nivel género y especie. Los especímenes de hembras globosas obtenidos de las raíces de cada una de las muestras procesadas, se sometieron a disección mediante un corte transversal debajo de la línea ecuatorial, eliminando la mitad anterior del cuerpo; a la mitad posterior se le realizaron cortes paralelos, dejando la región genital al centro. Sobre un portaobjeto limpio, se depositó una gota de lactofenol y sobre ésta se colocaron los cortes de forma tal que la parte externa del modelo perineal hiciera contacto con la superficie del cubreobjetos. Para cada una de las muestras se realizaron un total de 50 cortes. Cada uno de los patrones o modelos perineales que presentaron las hembras, se comparó con los ya reportados en la clave pictórica de Eisenback *et al.* (1981).

Para la confirmación de la identidad de *Meloidogyne* a nivel especie, las raíces de papaya con agallas se lavaron con agua destilada para remover el suelo, se seleccionaron agallas individuales, de donde se extrajeron 50 hembras con una aguja de disección y se depositaron en un tubo de microcentrifuga de 1.5 ml, posteriormente se añadió una alícuota de 45 µl de buffer de lisis (NaOH 50mM), para ser sometido a lisis por calor a 95 °C por 10 min. Agregándose posteriormente 45 µl de Tris-HCl (pH 8) y se centrifugó por 3 min a 10000 rpm (Hu *et al.*, 2011); se recuperó el sobrenadante, para proceder con la PCR utilizando el par de

females for identification at the genus and species. Globosas female specimens obtained from the roots of each of the processed samples were dissected by a transverse cut below the equator, eliminating the front half of the body, to the rear half is made parallel cuts, leaving genital region to the center. On a clean glass slide was placed a drop of lactophenol and placed thereon cuts so that the outer perineal model made contact with the surface of the coverslip. For each sample, a total of 50 cuts. Each of the patterns or models presented perineal females as compared with those reported in the pictorial key Eisenback *et al.* (1981).

To confirm the identity of *Meloidogyne* species level, galled papaya roots washed with distilled water to remove soil, galls were selected of the individuals and extract of 50 females with a dissecting needle and deposited in a tube 1.5 ml microcentrifuge subsequently an aliquot of 45 µl of lysis buffer (50 mM NaOH), to be lysed by heat at 95 °C for 10 min. Subsequently adding 45 µl of Tris-HCl (pH 8) and centrifuged for 3 min at 10000 rpm (Hu *et al.*, 2011), the supernatant was recovered to proceed with the PCR using the pair of markers Mi-F (5'-GTGAGGATTCAGCTCCCCAG-3') and Mi-R (5'-ACGAGGAACATACTTCTCCGTCC-3'), encoding for the region 28S ARNr (Hu *et al.* 2011).

PCR reactions were performed using the system PCR core Systems 1 (Promega). The total volume of the reaction mixture was 25 µl for all the reactions. The content of the reaction mixture was: 10 ng of genomic DNA, 5 µl of PCR 10x buffer, 3 µl of MgCl₂ (25 mM), 0.5 µl of each dNTP (10

iniciadores Mi-F (5'-GTGAGGATTCAGCTCCCCAG-3') y Mi-R (5'-ACGAGGAACATACTTCTCCGTCC-3'), que codifican para la región 28S ARNr (Hu *et al.* 2011).

Las reacciones de PCR se realizaron utilizando el sistema de PCR core Systems 1 (Promega). El volumen total de la mezcla de reacción fue de 25 µl para todas las reacciones. El contenido de la mezcla de reacción fue: 10 ng de ADN genómico, 5 µl de buffer de PCR 10x, 3 µl de MgCl₂ (25 mM), 0.5 µl de cada dNTP (10mM), 1 µl de cada iniciador, 0.2 µl de *Taq* polimerasa (5u/µl) y el resto de agua nanopura estéril. La amplificación del ADN se llevó a cabo en un termociclador (BIO-RAD T100), bajo las siguientes condiciones de amplificación: 94 °C por 2 min, 35 ciclos de 94 °C por 30 s, 64 °C por 30 s, 68 °C por 1 min, seguidos de una extensión final a 72 °C por 5 min.

Una alícuota del producto de PCR se visualizó en un gel de agarosa al 1%, teñido con 1 µl de bromuro de etidio (10 mg ml⁻¹), y con un transiluminador (Benchtop UV). El registro fotográfico de los productos de PCR se obtuvo mediante una cámara digital (Panasonic). La respuesta positiva se definió como una banda visible de 1 000 pb.

Por otro lado los especímenes filiformes extraídos mediante tamiz-embudo, se identificaron a nivel género, en base a sus características morfológicas mediante las claves taxonómicas de Luc *et al.* (1990) y Mai *et al.* (1964). Asimismo, para el caso de juveniles y adultos machos de *Meloidogyne*, se midió la longitud del cuerpo, estilete, región hialina, cola y la distancia de los nódulos a la glándula esofágica dorsal, lo cual se realizó con un microscopio óptico (Olympus) adaptado con una cámara y con el programa OLYMPUS DP2-BSW.

En las muestras de suelo y raíces analizadas, provenientes de las diferentes plantaciones de papaya en los municipios de Tecmán y Colima, se identificaron a los géneros: *Aphelenchus*, *Ditylenchus*, *Helicotylenchus*, *Paratylenchus*, *Pratylenchus*, *Rotylenchulus*, *Rotylenchus*, *Trophurus*, *Tylenchorrhynchus*, *Tylenchus*, y *Meloidogyne*, específicamente *M. incognita*.

En base a la descripción de los caracteres observados para cada género y de acuerdo con la literatura, los resultados coinciden con lo reportado en Costa Rica (Fernández y Quesada 2009), y en Colombia (Espinosa *et al.*, 2004).

Las hembras de *M. incognita* se caracterizaron por ser periformes a redondeadas, midieron 608-813 µm de largo y 332-589 µm de ancho. El patrón perineal, presentó el arco

mM), 1 µl of each primer, 0.2 µl of *Taq* polymerase (5u/µl) and the rest of sterile nanopure water. DNA amplification was performed in a thermocycler (BIO-RAD T100) under the following amplification conditions: 94 °C for 2 min, 35 cycles of 94 °C for 30 s, 64 °C for 30 s, 68 °C for 1 min, followed by a final extension at 72 °C for 5 min.

An aliquot of the PCR product was visualized on a gel of 1% agarose, stained with 1 ml of ethidium bromide (10 mg ml⁻¹) and a transilluminator (Benchtop UV). The photographic record of the PCR products was obtained by a digital camera (Panasonic). A positive response was defined as a visible band of 1 000 bp.

Furthermore, threadlike specimens extracted by sieve-funnel genus level identified based on their morphological characteristics by taxonomic keys Luc *et al.* (1990) and Mai *et al.* (1964). In addition, in the case of juvenile and adult males of *Meloidogyne* the body length was measured as well as the stylet hyaline region, tail and the distance of the lymph gland on the dorsal esophageal, which was performed on an optical microscope (Olympus) fitted with a camera and with Olympus DP2-BSW program.

In the soil and root samples analyzed from different papaya plantations in the municipalities of Colima and Tecmán were identified the genera: *Aphelenchus*, and *Meloidogyne*, specifically *M. incognita*.

Based on the description of the characteristics observed for each gender and according to the literature, the results coincide with those reported in Costa Rica (Fernández and Quesada, 2009), and Colombia (Espinosa *et al.*, 2004).

Females of *M. incognita* were characterized as boules to rounded, measured 608-813 microns long and 332-589 microns wide. Perineal pattern presented the high square dorsal arch formed by rolling grooves without lateral fields evident (Figure 1). The stylet measured 12-16 microns (14.3 µm ± 0.6 µm), with cone curved toward the dorsal; the column wider at the base with the nodules of the stiletto broad and flat. The distance between the stylus and the dorsal esophageal gland measured from 2-4.1 µm (3 µm ± 0.5 µm), which is typical of the *M. incognita* species.

The morphological and morphometric characteristics observed in this study were similar to those described by Eisenback (1985) and Jepson (1987) for *M. Incognita* in roots of papaya. This result was confirmed by

dorsal alto y cuadrado, formado por estrías onduladas, sin campos laterales evidentes (Figura 1). El estilete midió de 12-16 μm ($14.3 \mu\text{m} \pm 0.6 \mu\text{m}$), con el cono curvado hacia la parte dorsal; la columna más ancha en la base con los nódulos del estilete anchos y planos. La distancia entre los nódulos del estilete y la glándula esofágica dorsal midió de 2-4.1 μm ($3 \mu\text{m} \pm 0.5 \mu\text{m}$), lo cual es típico de la especie *M. incognita*.

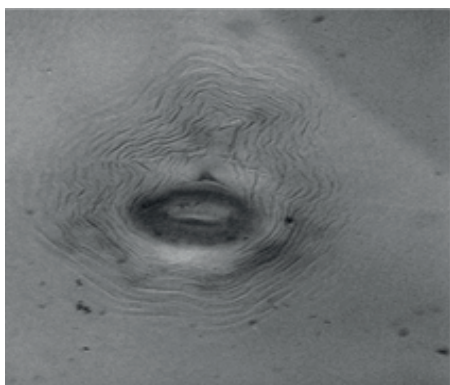


Figura 1. Microfotografía del patrón perineal de una hembra de *Meloidogyne incognita* aislada de plantas papaya del estado de Colima, México.

Figure 1. Microphotography of a female perineal pattern of *Meloidogyne incognita* isolated from papaya plants of the State of Colima, Mexico.

Las características morfológicas y morfométricas observadas en este estudio, coinciden con lo descrito por Eisenback (1985) y Jepson (1987), para *M. incognita* en raíces de papaya. Este resultado se confirmó mediante PCR. La reacción amplificó el fragmento esperado de 1000 pb, lo que permitió identificar la especie como *M. incognita* (Figura 2).

La frecuencia poblacional de nematodos detectados en papaya en Colima, México (Figura 3) muestra que los géneros de mayor relevancia fueron: *Rotylenchulus* (57.66%), *Pratylenchus* (13.04%), *Helicotylenchus* (12.06%) y *Meloidogyne incognita* (10.36%). Se considera que por su importancia la presencia de los géneros *Rotylenchulus* y *Meloidogyne incognita*, los que se detectaron con mayor frecuencia en el predio Fruti Oro de Colima, Colima en la variedad "Maradol" con una frecuencia de un 23.3 y 3.54% respectivamente. Asimismo, para la zona de Tecomán, se detectó en el Rancho Primavera una población del 21.3 y 64%, en el híbrido "Tainung", y 13.1 y 27.6% respectivamente en la variedad "Maradol". De la misma forma en el Rancho Cabeza de Toro en la variedad "Maradol", se detectó una población de 17.3 y 1.71%, respectivamente, y en el híbrido "Sensation" de 8.7 y 1.83%, respectivamente.

PCR. The reaction amplified the expected fragment of 1000 bp, which identified the species as *M. incognita* (Figure 2).

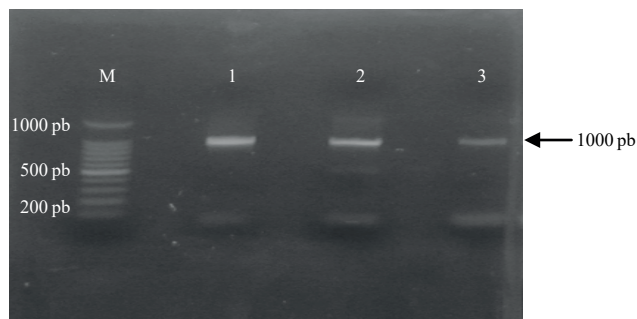


Figura 2. Gel de agarosa al 1% mostrando el fragmento de ADN amplificado a partir de hembras de *Meloidogyne incognita*. M, marcador de peso molecular; carril 1, carril 2 y carril 3 muestras de nematodos Rancho Primavera.

Figure 2. Agarose gel at 1% showing the DNA fragment amplified from female *Meloidogyne incognita*. M, molecular weight marker, lane 1, lane 2 and lane 3 of nematode samples Rancho Primavera.

Nematode population frequency detected in papaya in Colima, Mexico (Figure 3) shows that the most important genera were *Rotylenchulus* (57.66%), *Pratylenchus* (13.04%), *Helicotylenchus* (12.06%) and *Meloidogyne incognita* (10.36%). It is considered that due to its importance for the presence of *Meloidogyne incognita* and *Rotylenchulus* genera, which were detected more frequently in the estate Fruti Oro de Colima, Colima in variety "Maradol" with a frequency of 23.3 and 3.54% respectively. Also, for Tecomán area, it was detected in the Rancho Primavera a population of 21.3 and 64%, in the hybrid "Tainung", and 13.1 and 27.6% respectively in the variety "Maradol". Just as in the Rancho Cabeza de Toro in the variety "Maradol", identified a population of 17.3 and 1.71%, respectively, and in the hybrid "Sensation" of 8.7 and 1.83%, respectively.

The root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.) have been reported in other countries of America associated with papaya crop (Sosa-Moss *et al.*, 1985). In Mexico, this genus of nematodes has been reported affecting various crops in different areas (Carrillo *et al.*, 2000; Cid del Prado *et al.*, 2001). In this study we only found the species *Meloidogyne incognita*, which is consistent with that reported by Cid del Prado *et al.* (2001), in the States of Michoacan and Morelos. This study identified *Meloidogyne incognita* affecting

Los nematodos agalladores (*Meloidogyne* spp.) se han reportado en otros países de América asociados al cultivo de papaya (Sosa-Moss *et al.*, 1985). En México, este género de nematodos se ha reportado afectando diversos cultivos en diferentes zonas (Carrillo *et al.*, 2000; Cid del Prado *et al.*, 2001). En el presente trabajo sólo se encontró la especie *Meloidogyne incognita*, lo cual coincide con lo reportado por Cid del Prado *et al.* (2001), en los estados de Michoacán y Morelos. En este estudio se identificó a *Meloidogyne incognita* afectando los materiales de papaya “Maradol”, “Tainung” y “Sensation” (plantaciones que manifestaban achaparramiento y clorosis en la parte aérea, y en la raíz la presencia de agallas o tumores) en los municipios de Colima.

Conclusiones

Los géneros de nematodos fitoparásitos asociados al cultivo de la papaya en el estado de Colima son: *Aphelenchus*, *Ditylenchus*, *Helicotylenchus*, *Paratylenchus*, *Pratylenchus*, *Rotylenchulus*, *Rotylenchus*, *Trophurus*, *Tylenchorrhynchus*, *Tylenchus*, y *Meloidogyne*, con la especie *M. incognita*.

Los géneros de nematodos fitoparásitos con mayor abundancia y dominancia en el cultivo de papaya en el estado de Colima son: *Rotylenchulus*, *Pratylenchus*, *Helicotylenchus* y *Meloidogyne incognita*.

Literatura citada

- Carrillo, F. J. A.; García, E. R. S.; Allende, M. R.; Márquez, Z. I. y Cruz, O. J. E. 2000. Identificación y distribución de especies del nematodo nodulador (*Meloidogyne* spp.) en hortalizas en Sinaloa, México. México. Rev. Mex. Fitopatol. 2(18):115-119.
- Chafal, S. y De' Arc, R. 1994. Mamao: Doencas causadas por fungos e nematoides en mamoeiro. Informe Agropecuario. 134(12):40-43.
- Cid del Prado, V. I.; Hernández, J. A. y Tovar, S. A. 2001. Distribución de especies y razas de *Meloidogyne* en México. México. Rev. Mex. Fitopatol. 1(19):32-39.
- Cobb, N. A. 1918. Estimating the nematode population of soil. United States. Department of Agriculture of United State (USDA) 1:1-48.
- Eisenback, J. D.; Hirschmann, H.; Sasser, J. N. and Triantaphyllou, A. C. 1981. A guide to four most common species of root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.) with a pictorial key. A cooperative publication of the departments of plant pathology and genetics. North Carolina State University and the United States Agency for International Development. Raleigh, North Carolina. 48 p.

papaya "Maradol", "Tainung" and "Sensation" (plantations that showed stunting and chlorosis in the air, and the presence of root galls or tumors) in the municipalities of Colima.

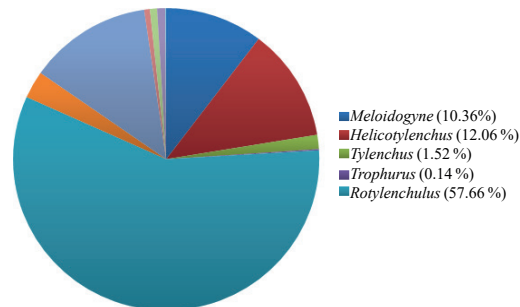


Figura 3. Porcentaje de los géneros de nematodos fitoparásitos asociados al cultivo de la papaya en Colima, Colima México.

Figure 3. Percentage of phytoparasitic nematodes associated with the cultivation of papaya in Colima, Colima Mexico.

Conclusions

The genera of phytoparasitic nematodes associated with papaya cultivation in the State of Colima are: *Aphelenchus*, *Ditylenchus*, *Helicotylenchus*, *Paratylenchus*, *Pratylenchus*, *Rotylenchulus*, *Rotylenchus*, *Trophurus*, *Tylenchorrhynchus*, *Tylenchus*, and *Meloidogyne*, with the species *M. incognita*.

The genera of phytoparasitic nematodes in greater abundance and dominance in papaya cultivation in the State of Colima are: *Rotylenchulus*, *Pratylenchus*, *Helicotylenchus* and *Meloidogyne incognita*.

End of the English version



- Eisenback, J. 1985. Diagnostic characters useful in the identification of the four most common species of root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp). In: Sasser, J. and Carter, C. (Eds.). An advanced treatise on *Meloidogyne*. North Carolina State University Graphics. USA. 112 p.
- Espinosa, M. R.; Fuentes, K. C.; Jaraba, J. D. y Lozano, Z. E. 2004. Nematodos asociados al cultivo de la papaya (*Carica papaya* L.) en Córdoba. Colombia. Temas Agrarios. 1(9):13-20.
- Fernández, S. O. M. y Quesada, S. A. S. 2009. Nematodos asociados a los cultivos de Costa Rica. Costa Rica. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Servicio Fitosanitario del Estado, Departamento de Laboratorios. 49 p.

- Guzmán, P. O. A. y Castaño, Z. J. 2010. Identificación de nematodos fitoparásitos en guayabo (*Psidium guajava* L.), en el municipio de Manizales (Caldas), Colombia. Colombia. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. 34(130):117-126.
- Hu, M. X.; Zhuo, K. and Liao, J. L. 2011. Multiplex PCR for the simultaneous identification and detection of *Meloidogyne incognita*, *M. enterolobii* and *M. javanica* using DNA extracted directly from individual Galls. China. Phytopathology. 101(11):1270-1277.
- Jaraba, J. D., Lozano, Z. y Espinosa, M. 2007. Nematodos agalladores asociados al cultivo de la papaya (*Carica papaya* L.) en el departamento de Córdoba, Colombia. Colombia. Agronomía colombiana. 1(25):124-130.
- Jepson, S. B. 1987. Identification of Root-knot Nematodes (*Meloidogyne* species). First Edition. CAB International. London, England. 265 p.
- Luc, M.; Sikora, R. A. and Bridge, J. 1990. Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture. 2nd Edition. CAB International. London, England. 871 p.
- Mai, W. F.; Lyon, H. H. and Kruk, T. H. 1964. Pictorial key to genera of plant parasitic nematodes. First Edition. Department of plant pathology, New York state college of agriculture. New York, USA. 54 p.
- Sosa, M. C.; Bartker, K.; Carter, C. and Sasser, J. 1985. Report on the status of *Meloidogyne* research in México, Central America and the Caribbean countries. An advanced treatise on *Meloidogyne*. Methodology. International *Meloidogyne* Project. North Carolina State University Graphics. Raleigh, North Carolina, USA. 346 p.