

Identificación de nematodos fitoparásitos en el Banco de Germoplasma de maracuyá (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Degener) en Colombia

Identification of plant parasitic nematodes in the Germplasm Bank of yellow passion fruit (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Degener) in Colombia

Rocío Alexandra Ortiz-Paz^{1†}, Óscar Adrián Guzmán-Piedrahíta^{2*}, y John A. Ocampo^{3‡}

¹Ingeniera Agroforestal, estudiante de Maestría en Fitopatología, Universidad de Caldas, Manizales, Caldas, Colombia. ²Ing. Agr., Magister en Fitopatología. Profesor Auxiliar, Departamento de Producción Agropecuaria, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Caldas, Manizales, Caldas, Colombia. ³Ing. Agr., Ph.D. Profesor Asociado, Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira/Centro Internacional de Agricultura Tropical – CIAT, Colombia.

*Autor para correspondencia: oscar.guzman@ucaldas.edu.co; †roalorpaz@hotmail.com; ‡jaocampop@unal.edu.co

Rec.: 30.07.12 Acept.: 30.11.12

Resumen

Los nematodos fitoparásitos son una de las mayores limitantes en la fruticultura tropical causando grandes pérdidas económicas por la reducción de los rendimientos. En Colombia no existe información respecto a estos parásitos que afectan el cultivo del maracuyá y es necesario generarla para crear estrategias de manejo. El objetivo del estudio fue identificar y cuantificar los nematodos fitoparásitos presentes en plantas de maracuyá de la Colección Nacional, conformada por 28 accesiones de diferentes procedencias establecida en la Granja Luker en Palestina, Caldas (Colombia), a 1058 m.s.n.m., 5° 4' 13.2" N y -75° 41' 7.7" O, 23 °C, 2250 mm/año y 75% de HR. La recolección de las muestras se realizó en la zona de plateo de cada planta hasta 60 cm de profundidad. En cada accesión se tomaron tres muestras de 100 g de raíces funcionales y 100 g de suelo. La extracción de nematodos de raíces y suelo se realizó con base en el principio de flotación en azúcar. Para los datos se desarrolló un análisis univariado con la estimación del promedio, el coeficiente de variación, el análisis de varianza y prueba de Tukey al 5%, para establecer las diferencias entre accesiones. Se recuperaron nematodos de siete géneros, *Helicotylenchus*, *Rotylenchulus*, *Radopholus*, *Meloidogyne*, *Tylenchus*, *Aphelenchoides* y *Trichodorus*. Las especies con mayor frecuencia en las accesiones, tanto en raíces como en suelo, fueron *Helicotylenchus dihystra*, *Rotylenchulus reniformis* y *Radopholus similis* con 100, 75 y 61%, respectivamente. Se encontraron 11, 8 y 16 accesiones de maracuyá sin parasitismo de los géneros *Radopholus*, *Rotylenchulus* y *Meloidogyne*, respectivamente. Dentro de éstas, sobresalen las accesiones AntFla03 y CauFla01 por sus características agronómicas, las cuales constituyen un reservorio genético para programas de fitomejoramiento en la búsqueda de resistencia o tolerancia a nematodos fitoparásitos que involucren hibridación o injertación.

Palabras clave: Colombia, fitonematodos, *Helicotylenchus*, maracuyá, nematodos de las plantas, *Passiflora edulis*, *Radopholus similis*, *Rotylenchulus*.

Abstract

Plant parasitic nematodes are one of the major constraints in tropical fruit causing great economic losses by reducing yields. In Colombia there is not information dealing with the production systems about these parasites affecting passion fruit cultivation so, it is necessary to generate information for

management strategies. The aim of this study was to identify and quantify plant parasitic nematodes present in the National yellow passion fruit Collection consisting of 28 accessions from different origin and established in the farm Luker in Palestina (Caldas), Colombia. Sample collection was carried out in the root area of each plant at a depth of 60 cm in each accession. Three samples of 100 g of functional root system and 100 g of soil were taken. The extraction of root and soil nematodes was based on the flotation principle of nematodes in sugar. For data an univariate analysis with the estimated average, the coefficient of variation, analysis of variance and Tukey test at 5%, to establish the differences among accessions was performed. Results showed seven kinds of soil and root phytonematodes: *Helicotylenchus*, *Rotylenchulus*, *Radopholus*, *Meloidogyne*, *Tylenchus*, *Aphelenchoides* and *Trichodorus*. The species most frequently found in root and soil of accessions were *Helicotylenchus dihystra*, *Rotylenchulus reniformis* and *Radopholus similis* with 100, 75 and 61%, respectively. Results showed 11, 8 y 16 accessions without parasitism of the genera *Radopholus*, *Rotylenchulus* and *Meloidogyne*, respectively. Among these, accession AntFla03 and CauFla01 were outstanding due to their agronomic characteristics which constitute a gene pool for breeding programs in search for phytoparasitic nematode resistance or tolerance that involve hybridization or grafting.

Key words: Colombia, *Helicotylenchus*, maracuyá, *Passiflora edulis*, phytonematodes, plant nematodes, *Radopholus similis*, *Rotylenchulus*.

Introducción

El maracuyá (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Degener) es económicamente la principal especie del género *Passiflora* L. Se encuentra distribuida en zonas tropicales desde el nivel del mar hasta 1350 m.s.n.m. Es una especie originaria de la región amazónica y descrita en la isla de Hawaii (EE.UU) en 1932 por Degener, desde donde se difundió a otros países tropicales del mundo (Degener, 1932; Morton, 1967; Ulmer, 2004; Ocampo y Urrea, 2012). En Colombia fue introducido a comienzos de 1960, en el departamento del Valle del Cauca, y actualmente es el tercer productor mundial con cerca de 6000 ha cultivadas, después de Brasil y Ecuador (Jaramillo et al., 2009). En el país la producción de maracuyá es aproximadamente de 92,000 t (Agronet, 2012) y se concentra en los departamentos de Huila con 1234 ha y 18,838 t, Meta con 759 ha y 15,452 t y Valle del Cauca con 641 ha y 12,012 t. El 75% de la producción nacional se exporta a países europeos como jugo concentrado y el resto se comercializa como fruta fresca en mercados locales (Isaac, 2009). La fruta de maracuyá ha conquistado los mercados internacionales por su aroma, sus características organolépticas y sus propiedades medicinales (Yockteng et al., 2011). La planta crece en suelos de texturas franca a franca-arenosa, con una profundidad mínima de 60 cm, ricos en materia orgánica, bien drenados y con un pH entre 5.5 y 7.5 (García, 2002; Lima y Cunha,

2004). Prefiere zonas con precipitaciones entre 800 a 1500 mm/año, temperatura de 20 a 25 °C y humedad relativa menor de 80% (Fischer et al., 2009; Ocampo et al., 2012).

El cultivo de maracuyá es afectado por hongos, bacterias, virus y nematodos fitoparásitos, lo que reduce la producción hasta en 50% y ocasiona grandes pérdidas económicas para los productores. El aumento en la incidencia y severidad de plagas como las moscas del ovario o del botón floral, *Dasiops gracilis*, *D. enedulis* y *D. yepezi*, y enfermedades como secadera o marchitez vascular por *Fusarium oxysporum* f. sp. *passiflorae*, Schlecht, bacteriosis o mancha de aceite, *Xanthomonas campestris* pv. *passiflorae* Pereira, roña, *Cladosporium cladosporioides* Fresen, virus del mosaico de la soya, *Soybean mosaic virus* SMV y los nematodos fitoparásitos como *Meloidogyne* spp., *Rotylenchulus* spp. y *Helicotylenchus* spp., ocasionan presión fitosanitaria (Lozano, 2008; Castaño, 2009; Hernández et al., 2011), incrementan el deterioro del cultivo y aumentan la demanda por tratamientos químicos, en contra de la salud humana y del medio ambiente (Gurrero-López y Hoyos-Carvajal, 2011; Villegas et al., 2012). Los nematodos en este cultivo han sido poco estudiados y los diagnósticos fitosanitarios por parte de los productores consisten en observación visual que muchas veces se confunde con deficiencias de elementos nutritivos.

Los nematodos son filiformes de tamaño microscópico (300 a 1000 μm de largo x 15 a 35 μm de ancho) que habitan en el suelo (Agrios, 2005; Luc et al., 2005). Los nematodos fitoparásitos ocasionan daños internos o externos en las raíces de las plantas, al momento de alimentarse por medio de su estilete y algunos pueden ocasionar agallas o nudos como los del género *Meloidogyne* spp. o estar asociados con hongos del suelo como *Fusarium* spp. (Mai et al., 1996; Siddiqi, 2000; Fischer et al., 2010).

En un estudio realizado en los departamentos del Valle del Cauca, Cauca y Caldas, Sánchez et al. (1993) registraron nueve géneros de nematodos fitoparásitos que afectan el cultivo de maracuyá; entre estos, *Rotylenchulus reniformis* Lindford y Oliveira presentó la mayor frecuencia en el suelo (72%) y en las raíces (25%) cuando se compararon con *Helicotylenchus* sp., *Tylenchorhynchus* sp. y *Meloidogyne* sp. que no superaron 19%. En un estudio similar, Suárez et al. (1994) observaron que *R. reniformis* es el nematodo con mayor incidencia en los cultivos de maracuyá de la zona central de Venezuela (Aragua, Barinas, Carabobo y Miranda), cultivo en el cual ocasiona una reducción en la emisión de raíces de las plantas y un amarillamiento general del follaje.

En condiciones de laboratorio, Suárez et al. (2002) encontraron que este mismo nematodo disminuye el peso aéreo y de raíces de maracuyá y se reproduce 2.5 veces más respecto al inóculo inicial. Otros estudios en maracuyá y gulupa (*P. edulis* Sims) mostraron a *Meloidogyne incognita* (Kofoid y White) Chitwood, *M. javanica* (Treub) Chitwood y *Helicotylenchus dihysteroides* Siddiqi como nematodos que destruyen el sistema radicular (Suárez et al., 1994; Sikora y Fernández, 2005; Lozano, 2008). Entre los nematodos fitoparásitos, los formadores de agallas pertenecientes al género *Meloidogyne* son considerados los de mayor importancia económica por los daños que causan en vegetales, frutales, ornamentales y arvenses (Agrios, 2005). En este género existen más de 89 especies nominales, no obstante, *M. incognita*, *M. javanica*, *M. arenaria* (Neal) Chitwood y *M. hapla* (Chitwood) son las causantes de grandes

pérdidas económicas en áreas agrícolas en el mundo (Rodríguez-Kábana y King, 1987; Cia y Salgado, 2005; Sikora y Fernández, 2005; Fischer et al., 2010).

En Colombia son escasos los estudios relacionados con nematodos fitoparásitos en las especies cultivadas del género *Passiflora* L. y especialmente en maracuyá. Debido a la importancia del cultivo para el país, el efecto de estos nematodos en el sistema radicular y la parte aérea de la planta, al igual que la oportunidad de explorar el componente genético como una estrategia de manejo, el objetivo de este trabajo fue identificar y cuantificar los nematodos fitoparásitos presentes en la Colección Nacional de Maracuyá establecida en la Granja Luker en Palestina (Caldas), bajo el proyecto de investigación Aprovechamiento de la diversidad del maracuyá, la gulupa y la granadilla para mejorar y diversificar los sistemas de producción en Colombia – Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural - MADR, como contribución al conocimiento de los problemas sanitarios de este cultivo y de la fruticultura colombiana en general.

Materiales y métodos

La investigación se realizó en la granja Luker, ubicada en la vereda Santágueda del municipio de Palestina, Caldas (Colombia), a 1058 m.s.n.m., 5° 4' 13.2" N y -75° 41' 7.7" O. La temperatura promedio es de 23 °C, la precipitación anual de 2250 mm, la humedad relativa de 75% y el brillo solar promedio diario de 6 h. Los suelos son altos en materia orgánica, con textura franco arenosa y pH 6.8 (Aristizábal, 2002).

El banco de germoplasma de maracuyá, establecido en la granja Luker en octubre del 2009, está constituido por 28 accesiones de diferentes procedencias (Cuadro 1). El arreglo espacial de la colección es bloques al azar con dos repeticiones y una unidad experimental de 5 plantas con un sistema de espaldera sencilla, a una distancia de siembra de 3 x 3 m.

Para el ensayo, las muestras fueron recolectadas de la zona de plateo de cuatro plantas de cada una de las 28 accesiones. Las muestras se tomaron en hoyos rectangulares de 40 cm de lado y 60 cm de profundidad, se recolectaron tres muestras de 100 g de las raíces.

Cuadro 1. Lista de accesiones de maracuyá (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*) del Banco de Germoplasma de maracuyá existente en Colombia.

Acesión (no.)	Código	Departamento	Municipio
1	AntFla01	Antioquia	Sopetrán
2	AntFla03	Antioquia	Santa Barbara
3	AtlF101	Atlantico	Barranquilla
4	CalFla02	Caldas	Neira
5	CalFla03	Caldas	Viterbo
6	CauFla01	Cauca	El Patia
7	CauFla02	Cauca	El Patia
8	CauFla03	Cauca	El Patia
9	CauFla05	Cauca	Guachene
10	CunFla02	Cundinamarca	Caparrapi
11	HuiFla02	Huila	El Agrado
12	HuiFla03	Huila	Garzón
13	HuiFla06	Huila	Rivera
14	TolFla01	Tolima	El Guamo
15	TolFla02	Tolima	El Guamo
16	TolFla04	Tolima	Flandes

ces funcionales y 100 g de suelo, que fueron depositadas en bolsas plásticas transparentes debidamente rotuladas con el código de la accesión, antes de ser enviadas para procesamiento y análisis al Laboratorio de Fito-patología del Departamento de Producción Agropecuaria de la Universidad de Caldas.

La extracción de nematodos de raíces y suelo se realizó siguiendo el principio de flotación de estos en azúcar (Jenkins, 1964; Araya et al., 1995). Para el efecto, las raíces fueron lavadas con agua corriente, se pesaron y cortaron en trozos de 30 g antes de ser licuadas a alta velocidad por 30 s en una licuadora Osterizer, con 500 ml de agua. La solución del licuado fue depositada en un tamiz de 250 µm colocado a su vez sobre un tamiz de 25 µm. La muestra fue lavada con agua a presión para generar desprendimiento de los nematodos, y el material remanente en el tamiz de 25 µm fue depositado en tubos de 30 ml que se centrifugaron a 3800 r.p.m. durante 5 min. A continuación, se eliminó el sobrenadante y se adicionó una solución de sacarosa al 50% para repetir la centrifugación. Los nematodos flotantes en la solución de sacarosa se depositaron en el tamiz de 25

µm para lavar la sacarosa con agua corriente a baja presión, y finalmente tomar 20 ml de agua con nematodos en una caja Petri. La extracción de nematodos del suelo se hizo de manera similar, pero con omisión del procedimiento de licuado.

Las muestras obtenidas fueron transferidas a cajas Petri que contenían 36 cuadrantes de 6 x 6 cm y se extrapolo con base en una muestra de 100 g de raíces o suelo. Se seleccionaron al azar tres cuadrantes y se cuantificó el número de nematodos en cada uno de ellos con uso de un microscopio-estereoscopio.

Para la identificación de fitonematodos se tomaron 20 nematodos de cada caja Petri y con la ayuda de una aguja de disección se montaron en un porta-objetos con una gota de agua para su observación al microscopio compuesto de luz (Nikon, 40X). La identificación de los géneros y especies se realizó con las claves taxonómicas de Siddiqi (2000), figuras publicadas por Mai et al. (1996), los descriptores de nematodos fitoparásitos del C.I.H. (1972-1977), y de acuerdo con la experiencia del segundo coautor de la presente investigación.

Para los datos se realizó un análisis univariado con la estimación del promedio, el coeficiente de variación, el análisis de varianza y prueba de Tukey al 5%, para establecer las diferencias entre accesiones. Para el desarrollo de las estadísticas se tuvo en cuenta un valor de 100% de frecuencia, cuando una especie de nematodo fitoparásito se encontró en el total de las cuatro muestras. Los análisis se realizaron con el programa estadístico SAS versión 8.1 (Statistical Analysis Software, 2000).

Resultados y discusión

Identificación de nematodos fitoparásitos

En las 28 accesiones de maracuyá evaluadas fueron identificados siete géneros de nematodos fitoparásitos: *Rotylenchulus* spp., *Helicotylenchus* spp., *Radopholus* spp., *Meloidogyne* spp., *Tylenchus* spp., *Aphelenchoides* spp. y *Trichodorus* spp. Estos géneros pertenecen principalmente a la clase Secernentea, orden Tylenchida, familias Hoplolaimidae,

Pratylenchidae, Meloidogynae, Tylenchidae y Aphelenchidae, respectivamente (Mai et al., 1996; Siddiqi, 2000; Perry et al., 2009). El género *Trichodorus* spp. pertenece a la clase Adenophorea, orden Dorylaimida, familia Trichodoridae (Mai et al., 1996).

Poblaciones de los nematodos fitoparásitos *Rotylenchulus reniformis* y *Helicotylenchus dihystera*

En estos géneros, el mayor número de individuos en 100 g fue encontrado en las muestras de raíces, con valores desde 1 en la accesión Bavaria hasta 181 en CunFla02 para *Rotylenchulus*, y desde 77 en TolFla04 hasta 337 en CalFla03, con un coeficiente de variación (CV) de 8.3% (Cuadros 2 y 3). Las accesiones que presentaron las mayores poblaciones de *Rotylenchulus* spp. en 100 g de raíces se encontraron en el departamento de Cauca en las accesiones CaulFla01, CaulFla02, CaulFla03 y CaulFla05, Antioquia en AntFla01 y AntFla03, Huila en HuiFla02, HuiFla03 y HuiFla06; Cundinamarca en CunFla02; y Caldas en CalFla02 y CalFla03. En el caso del género *Helicotylenchus* spp. todas las accesiones presentaron poblaciones que variaron entre 77 y 337/100 g de raíces en las accesiones TolFla04 y CalFla03, respectivamente (Cuadro 3, Figura 1).

En las muestras de suelo, las poblaciones totales de ambos géneros de nematodos fueron inferiores a las encontradas en las raíces (Cuadro 3), con un promedio de 252, un rango 103 a 400 nematodos/100 g y un CV de 14.6%. Los valores mínimos de poblaciones se presentaron en las accesiones TolFla01, TolFla02, TolFla04 y TolFla07 en el Tolima, y en todas las accesiones evaluadas en el Valle del Cauca (Cuadro 3).

Helicotylenchus spp., con 100% de incidencia, un promedio de 214 nematodos/100 g de raíces y 98 nematodos/100 g de suelo fue el género que se observó con mayor frecuencia en las muestras (Cuadro 3). *Rotylenchulus* spp. con 75% fue el segundo género más abundante (Cuadro 3, Figura 1). Sánchez et al. (1993) en cultivos de maracuyá comerciales en los departamentos del Valle del Cauca, Cauca y Caldas hallaron que *R. reniformis* fue la especie más frecuente con 72% y 25% en suelo y raíces, respectivamente, seguida de *Helicotylenchus* spp. con una presencia en suelo de 19% y 0.6% en raíces.

Se debe mencionar que *Rotylenchulus* spp. no se encontró en las accesiones TolFla02, TolFla04, TolFla07, ValFla01; ValFla03; ValFla04, ValFla09; ValFla10 y Bavaria, lo que permite sugerirlas como posibles reservas genéticas, con potencial de resistencia a los nematodos identificados en el presente estudio.

Los bajos coeficientes de variación (CV) encontrados (< 35%) muestran una baja dispersión de los datos de poblaciones de nematodos en cada accesión y representación de los géneros en cada una de ellas (Cuadro 3). Los coeficientes de determinación (R²) obtenidos variaron entre 0.70 y 0.99, lo que sugiere una distribución homogénea de los valores en cada accesión en relación con el promedio (n.p.) además de interacción entre la presencia de los diferentes géneros de nematodos con cada accesión (Cuadro 2).

Poblaciones de *Meloidogyne* spp. y *Radopholus similis*

Radopholus similis presentó una frecuencia de 61%, con valores entre 73 y 190 individuos/100 g de raíces para las accesiones CauFla03 y ValFla08, respectivamente

Cuadro 2. Coeficientes de determinación y variación en poblaciones de nematodos fitoparásitos en raíces de planta y suelos cultivados con maracuyá.

Géneros	Coef. de determinación (R ²)		Coef. de variación (CV)		Pr > F
	Raíz	Suelo	Raíz	Suelo	Raíz o suelo
<i>Helicotylenchus</i>	0.7760	0.7622	17.6608	22.7827	<0.0001
<i>Rotylenchulus</i>	0.9480	0.8091	35.8620	47.9835	<0.0001
<i>Meloidogyne</i>	0.9898	0.9363	14.7043	39.4166	<0.0001
<i>Radopholus</i>	0.9063	0.8302	34.3639	53.7271	<0.0001
<i>Aphelenchoides</i>	0.9344	0.9184	19.7203	27.9826	<0.0001
<i>Trichodorus</i>	0.9498	0.8896	149.0144	228.7183	<0.0001

Cuadro 3. Número promedio (población) de nematodos fitoparásitos por 100 g de raíces y suelo en 28 accesiones del Banco de Germoplasma de Maracuyá en Colombia.

Accesión	Rotylenchulus		Helicotylenchus		Radopholus		Meloitogyne		Aphelenchoides		Tylenchus		Trichodorus	
	Raíz	Suelo	Raíz	Suelo	Raíz	Suelo	Raíz	Suelo	Raíz	Suelo	Raíz	Suelo	Raíz	Suelo
AntFla01	61 cd*	30 bdc	221 ebdacf	137 bac	119 bac	45 ebdac	170 ba	28 ba	38 fe	29 gf	163 bac	48 ba	0 b	0 b
AntFla03	56 ed	20 bdc	226 ebdacf	155 a	141 bac	90 ba	180 a	18 b	38 fe	41 egf	156 bac	60 a	0 b	0 b
AtlaFla01	89 cbd	34 bdc	267 bac	123 ebdac	163 ba	56 bdac	0 d	0 c	0 f	0 g	177 ba	41 bdac	0 b	0 b
CaFla02	70 cbd	19 dc	257 bdac	130 bdac	0 d	0 e	0 d	0 c	0 f	0 g	170 ba	40 ebdac	0 b	0 b
CaFla03	46 fed	30 bdc	337 a	122 ebdac	141 bac	52 ebdac	166 ba	21 b	0 f	0 g	177 ba	45 bac	0 b	0 b
CauFla01	83 cbd	23 bac	233 ebdacf	148 ba	80 bddc	31 edc	0 d	0 c	0 f	0 g	177 ba	41 bdac	0 b	0 b
CauFla02	105 cb	26 bdc	267 bac	121 ebdac	0 d	0 e	170 ba	19b	63 de	43 egf	170 ba	37 ebdac	0 b	0 b
CauFla03	75 cbd	53 bac	242 ebdacf	123 ebdac	73 dc	34 edc	0 d	0 c	78 de	48 edgfg	148 bac	59 a	0 b	0 b
CauFla05	73 cbd	26 bdc	225 ebdacf	114 ebdac	141 bac	19 ed	0 d	0 c	0 f	0 g	155 bac	37 ebdac	0 b	0 b
CunFla02	181 a	27 bdc	222 ebdacf	77 ebdcf	0 d	0 e	0 d	0 c	0 f	0 g	181 ba	45 bac	0 b	0 b
HuiFla02	108 b	27 bdc	119 gf	38 f	0 d	0 e	0 d	0 c	0 f	0 g	189 ba	37 ebdac	0 b	0 b
HuiFla03	89 cbd	18 dc	285 ba	56 ef	0 d	0 e	0 d	0 c	144 ba	103 bac	129 bac	33 ebdac	0 b	0 b
HuiFla06	8 fg	67 ba	137 edgf	53 ef	0 d	0 e	0 d	0 c	129 bac	104 bac	119 bac	44 bac	0 b	0 b
TolFla01	3 fg	52 bac	238 ebdacf	122 ebdac	0 d	0 e	0 d	0 c	106 bdac	86 ebdac	155 bac	37 ebdac	0 b	0 b
TolFla02	0 g	0 d	260 bac	132 bac	0 d	0 e	0 d	0 c	119 bdac	56 edcf	192 a	32 ebdac	0 b	0 b
TolFla04	0 g	0 d	77 g	92 ebdacf	113 bac	49 ebdac	144 bc	37 a	126 bdac	119 ba	136 bac	34 ebdac	0 b	0 b
TolFla07	0 g	0 d	127 egf	74 edcf	133 bac	30 edc	130 c	30 ba	137 bac	92 ebdac	147 bac	30 ebdac	0 b	0 b
VaLFla01	0 g	0 d	118 gf	73 edcf	112 bac	41 ebdac	153 bac	22 b	156 ba	56 edcf	132 bac	33 ebdac	0 b	0 b
VaLFla03	0 g	0 d	238 ebdacf	89 ebdacf	104 bc	52 ebdac	146 bc	32 ba	126 bdac	78 ebdacf	148 bac	18 edc	0 b	0 b
VaLFla04	0 g	0 d	223 ebdacf	81 ebdcf	100 bc	78 bac	0 d	0 c	111 bdac	104 bac	136 bac	15 ed	0 b	0 b
VaLFla05	3 fg	41 bdac	160 edgfg	56 ef	108 bac	100 a	0 d	0 c	122 bdac	112 ba	134 bac	29 ebdac	0 b	0 b
VaLFla06	3 fg	62 bac	213 ebdcf	59 edf	123 bac	45 ebdac	0 d	0 c	104 bdac	74 ebdcf	130 bac	27 ebdac	0 b	0 b
VaLFla07	13 feg	48 bac	225 ebdacf	92 ebdacf	137 bac	48 ebdac	0 d	0 c	162 a	78 ebdacf	163 bac	26 ebdac	0 b	0 b
VaLFla08	4 fg	34 bdc	224 ebdacf	99 ebdacf	190 a	70 bdac	0 d	0 c	140 bac	81 ebdacf	137 bac	32 ebdac	0 b	0 b
VaLFla09	0 g	0 d	197 ebdacf	52 ef	126 bac	58 bdac	155 bac	0 c	0 f	119 ba	136 bac	12 e	59 a	177 a
VaLFla10	0 fg	82 a	237 ebdacf	130 bdac	0 d	0 e	152 bac	37 a	138 bac	0 g	147 bac	30 ebdac	0 b	0 b
Bavaria	0 g	67 ba	222 ebdacf	87 ebdacf	0 d	0 e	151 bac	32 ba	96 bdec	130 a	114 bc	30 ebdac	0 b	0 b
Comercial	0 g	63 bac	208 ebdacf	114 ebdac	0 d	0 e	129 c	22 b	153 ba	99 bdac	92 c	19 edc	0 b	0

*Valores en la misma columna seguidos por letras iguales no son significativamente diferentes, según la prueba de Tukey (P < 0.05).

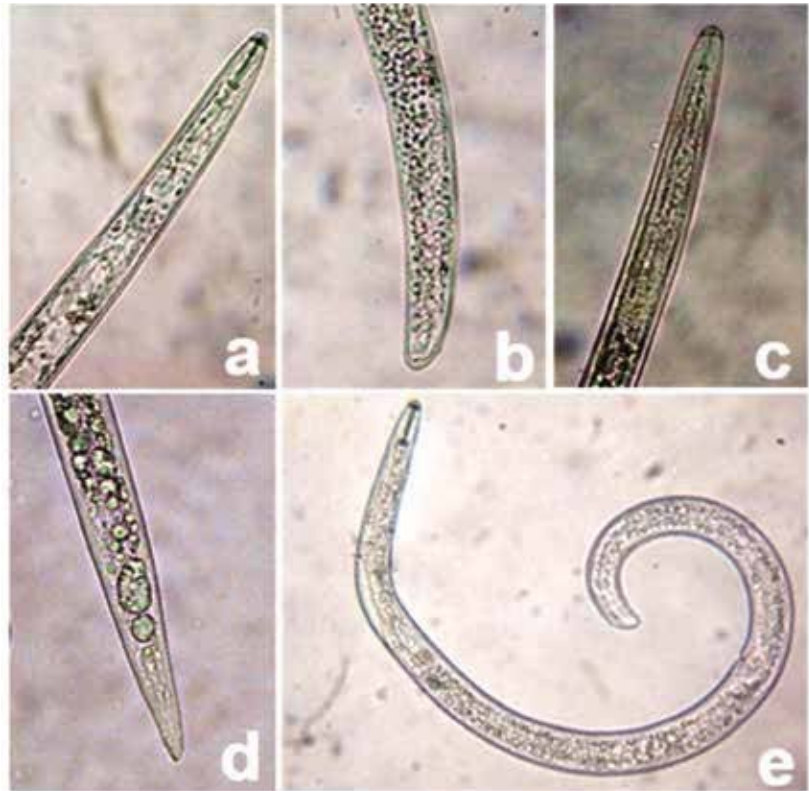


Figura 1. Principales géneros de nematodos fitoparásitos encontrados en las accesiones de maracuyá. *Rotylenchulus* sp., región anterior en 40X (a), posterior en 40X (b). *Radopholus similis*, región anterior (c) y posterior (d) de hembra en 40X. *Helicotylenchus dihystrer*, cuerpo completo de hembra en 10X (e)

(Cuadro 3). El género *Meloidogyne* spp. presentó frecuencias de 43 y 39% en suelo y raíces, con valores entre 18 y 180 individuos por muestra (suelo y raíces) en la accesión AntFla03 (Cuadro 3). Así mismo, *Meloidogyne* spp. no se registró en las accesiones AtlFla01, CalFla02, CauFla01, CauFla03, CauFla05, CunFla02, HuiFla02, HuiFla03, HuiFla06, TolFla01, TolFla02, VaLFla04, VaLFla05, VaLFla06, VaLFla07 y VaLFla08 (Cuadro 3).

El-Borai y Duncan (2005) encontraron que los nematodos reniformes *R. reniformis* y del nudo radical, *M. incognita*, *M. javanica* y *Meloidogyne* spp. afectan la longevidad de la planta de maracuyá y limitan su producción de frutos con gran daño económico. Así mismo, *R. reniformis* fue detectado en 84% de los muestreos realizados en las islas Fiji (Oceanía) con densidades de 36,000 nematodos en 200 cm³ de suelo. En Belice y Brasil, *R. reniformis* se ha hallado asociado con el sistema radicular de maracuyá (Bridge et al., 1996; Sharma et al., 2000).

Sikora y Fernández (2005) observaron que los nematodos formadores de nudos *M. incognita*, *M. javanica*, *R. reniformis* y *H.*

dihysteroides, ocasionan deformaciones en las raíces, debilitan las plantas, producen clorosis y muerte descendente. Las heridas en el sistema radicular favorecen la necrosis por penetración de otros patógenos naturales presentes en el suelo.

La presencia de *R. similis* (Figura 1) es el primer registro del nematodo barrenador en plantas de maracuyá en Colombia, con una frecuencia de 61% en las 28 accesiones evaluadas. Esta especie se alimenta principalmente de raíces y cormos de banano y plátano, y afecta el crecimiento y desarrollo de estos cultivos, con pérdidas en producción entre 20 y 80% (Guzmán-Piedrahita, 2011). Milne y Keetch (1976) consideran que el maracuyá es un cultivo de rotación en Suráfrica que se utiliza para el manejo de *R. similis*, el cual no infecta a *P. edulis* f. *edulis* (gulupa) y *P. edulis* f. *flavicarpa* (maracuyá).

Los nematodos fitoparásitos *Tylenchus*, *Aphelenchoides* y *Trichodorus* se hallaron con una frecuencia de 100%, 71% y 4%, respectivamente. Este último únicamente se vio en la accesión CalFla03 con 60 individuos en las muestras de raíces, lo que contrasta con los

resultados de Sánchez et al. (1993), quienes observaron en menores porcentajes *Pratylenchus* spp., *Tylenchorhynchus* spp., *Aphelenchus* spp., *Criconemella* spp., *Hoplotylus* spp., y *Xiphinema* spp. en cultivos de maracuyá en los departamentos del Valle del Cauca, Cauca y Caldas. Las diferencias pueden ser debidas principalmente a la forma de uso del suelo, a los hospedantes presentes antes de establecer el cultivo y a las condiciones ambientales.

Las diferencias entre las poblaciones de nematodos en el Banco de Germoplasma de Maracuyá en relación con los hallazgos en otros estudios se explican por la variabilidad genética existente en el banco, el cual está compuesto por accesiones de diferentes orígenes geográficos del país. Variabilidad representada por accesiones más tolerantes o susceptibles a los nematodos fitoparásitos, que se pueden considerar como un reservorio genético para la selección asistida de genotipos superiores (élite) y que contribuyen a la solución de la problemática con estos microorganismos y a mitigar las pérdidas económicas de los productores. La no presencia (0) de nematodos fitoparásitos en las raíces de algunas accesiones sugiere una aparente tolerancia a estos organismos y pueden considerarse como genotipos superiores.

Esta resistencia genética como estrategia para el manejo de enfermedades se puede evaluar en condiciones de almácigos, con el propósito de comprobar las ventajas de estos materiales.

Conclusiones

- Los resultados determinaron la presencia de siete géneros de nematodos fitoparásitos en las 28 accesiones de maracuyá evaluadas, tanto en las muestras de suelo como en raíces. Son nematodos asociados principalmente con especies de los géneros *Helicotylenchus* spp. y *Rotylenchulus* spp., con una incidencia entre el 100% y el 75%, respectivamente.
- La presencia y el número de nematodos fitoparásitos dispuestos en el germoplasma estudiado, permiten concluir que hay una variabilidad genética en las accesiones de maracuyá en cuanto a la susceptibilidad o tolerancia a estos organismos. A su vez,

la metodología empleada en esta investigación es sugerida para posteriores estudios en la identificación y cuantificación de nematodos en el cultivo de maracuyá.

- El estudio identificó las accesiones AntFla03, CalFla03, CauFla01, CauFla02 y HuiFla06 con tolerancia a uno o dos de los géneros *Helicotylenchus* spp., *Rotylenchulus* spp. y *Meloidogyne* spp. reportados en esta investigación. La aparente tolerancia a nematodos reportada en algunas accesiones es fundamental para procesos de fitomejoramiento en el maracuyá, en la búsqueda de cultivares más tolerantes a estos problemas fitosanitarios que permitan un mejor desarrollo del cultivo y una reducción de los tratamientos químicos para su control.

Agradecimientos

El primer y segundo autor agradecen al Programa de Maestría en Fitopatología de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Caldas, por facilitar las instalaciones del Laboratorio de Fitopatología para los análisis de raíces y suelo. El tercer autor agradece al Centro de Bio-Sistemas de la Universidad Jorge Tadeo, por la coordinación y apoyo del proyecto financiado por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia – MADR Aprovechamiento de la diversidad del maracuyá, la gulupa y la granadilla para mejorar y diversificar los sistemas de producción en Colombia, y a la empresa Casa Luker por el establecimiento y mantenimiento de la Colección Nacional de Maracuyá durante el desarrollo de esta investigación.

Referencias

- Agrios, G. 2005. Plant Pathology. 5ed. Nueva York. Elsevier Academic Press. 922 p.
- Agronet. 2012. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia. Análisis-Estadísticas, Maracuyá. Disponible en: <http://www.agronet.gov.co> [Fecha revisión: 25 de marzo de 2012]
- Araya, M.; Centeno, M.; y Carrillo, W. 1995. Densidad poblacional y frecuencia de los nematodos parásitos de banano (*Musa* AAA) en nueve cantones de Costa Rica. *Corbana* 20(43):6 - 11.
- Aristizábal, J. 2002. Estimación de la tasa de fijación de carbono en el sistema agroforestal nogal cafetero (*Cordia alliodora*) - Cacao (*Theobroma*

- cacao* L.) - Plátano (*Musa paradisiaca*). Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica) - Casa Luker. Trabajo de Pregrado. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá D.C. 125 p.
- Bridge, J.; Hunt, D. J.; y Hunt, P. 1996. Plant parasitic nematodes of crops in Belize. *Nematropica* 26:111 - 119.
- Castaño, J. 2009. Enfermedades importantes de las pasifloráceas en Colombia. En: Miranda, D.; Fischer, G.; Carranza, C.; Magnitskiy, S.; Piedrahita, W.; y Flórez, L. E. (Eds.). Cultivo, poscosecha y comercialización de las pasifloráceas en Colombia: maracuyá, granadilla, gulupa y curuba. Ruben's Impresores Eds. Bogotá, Colombia. Pp. 223 - 244.
- Castillo, J. A. 2004. Variación de la erodabilidad y aplicación de la ecuación universal de pérdida de suelo (USLE) en los Andes colombianos. Tesis Doctoral. Universidad Nacional de Colombia sede Palmira. Palmira, Valle, Colombia. 50 p.
- Cia, E.; y Salgado, C. L. 2005. Doenças do algodoeiro (*Gossypium* spp.). En: Kimati, H.; Amorin, L.; Rezende, A. M.; Bergamin Filho, A.; y Camargo, E. A. (Eds.). Manual de fitopatología. 4. Ed. São Paulo. Agronômica Ceres. Pp. 41 - 52.
- Commonwealth Institute of Helminthology, CIH. 1972-1977. Descriptions of Plant-parasitic Nematodes. Commonwealth Agricultural Bureaux. Peter's Street, St. Albans, Herts., England. Sets 1 - 7.
- Degener, O. 1932. Flora Hawaiiensis. Family 344. *Hesperomannia lydgatei*. Published privately, 2 p.
- El-Borai, F. E.; y Duncan, L. W. 2005. Nematode parasites of subtropical and tropical fruit tree crops. En: Luc, M.; Sikora, R. A.; y Bridge, J. (Eds.). Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture. 2nd Edition. Chap. 2. Pp. 478 - 479.
- Fischer, G.; Casierra, F.; y Piedrahita, W. 2009. Ecofisiología de las especies pasifloráceas cultivadas en Colombia. En: Miranda, D.; Fischer, G.; Carranza, C.; Magnitskiy, S.; Piedrahita, W.; y Flórez, L. E. (Eds.). Cultivos, poscosecha y comercialización de las pasifloráceas en Colombia: Maracuyá, granadilla, gulupa y curuba. Soc. Col. Cien. Hort. Pp. 45 - 67.
- Fischer, I. H.; Bueno, C. J.; Marchi-Garcia, M. J.; y Marques De Almeida, A. 2010. Reação de maracujazeiro-amarelo ao complexo fusariose-nematode de galha. *Acta Sci. Agron.* 32(2):223 - 227.
- García, M. 2002. Guía técnica cultivo de maracuyá amarillo. Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (CENTA). El Salvador. 31 p.
- Guerrero-López, E.; y Hoyos-Carvajal, L. 2011. Buenas prácticas agrícolas (BPA) con énfasis en el manejo integrado de plagas y enfermedades de gulupa (*Passiflora edulis* Sims). Universidad Nacional de Colombia, MADR y Fondo de Fomento Hortifrutícola. 43 p.
- Guzmán-Piedrahita, O. A. 2011. El nematodo barrenador (*Radopholus similis* [Cobb] Thorne) del banano y plátano. *Rev. Luna Azul* 33:137 - 153.
- Hernández, L. M.; Castillo, C. F.; Ocampo, J.; y Wyckhuys, K. 2011. Guía de identificación de las principales plagas y enfermedades del maracuyá, la gulupa y la granadilla. Centro Bio-Sistemas Universidad Jorge Tadeo Lozano, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Palmira, Colombia. 60 p.
- Isaac, M. 2009. Mercados nacionales e internacionales de las frutas pasifloráceas. En: Miranda, D.; Fischer, G.; Carranza, C.; Magnitskiy, S.; Piedrahita, W.; y Flórez, L. E. (Eds.). Cultivos, poscosecha y comercialización de las pasifloráceas en Colombia: maracuyá, granadilla, gulupa y curuba. Soc. Col. Cien. Hort. Pp. 327 - 343.
- Jaramillo, J.; Cárdenas, J.; y Orozco, J. 2009. Manual sobre el cultivo del maracuyá (*Passiflora edulis*) en Colombia. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica). Palmira, Colombia. 80 p.
- Jenkins, W. R. 1964. A rapid centrifugal flotation technique for separating nematodes from soil. *Pla. Dis. Rep.* 48:692.
- Lima, A. De A.; y Cunha, M. A. 2004. Da maracujá: producao e qualidade na passicultura. Cruz de Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura. 113 p.
- Lozano, M. 2008. Manual del manejo preventivo de la Secadera (*Fusarium* sp.) en el cultivo del maracuyá. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, CORPOICA, C.I. Nataima. Huila, Colombia. 76 p.
- Luc, M.; Sikora, R.; y Bridge, J. 2005. Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture. 2nd. Edition. 871 p.
- Mai, W.; Mullin, P.; y Lyon, H. 1996. Plant parasitic nematodes. A pictorial key to genera. Fifth edition. Comstock Publishing Associates. A Division of Cornell University Press. 277 p.
- Milne, D. L.; y Keetch, D. P. 1976. Some observations on the host plant relationships of *Radopholus similis* in Natal. *Nematropica* 6:13 - 17.
- Morton, J. 1967. Yellow passionfruit ideal for Florida home gardens. *Proc. Florida State Hort. Soc.* 80:320 - 330.
- Ocampo, J.; y Urrea, R. 2012. Recursos genéticos y mejoramiento de la gulupa. En: Ocampo, J. y Wyckhuys, K. (Eds.). Tecnología para el cultivo de la gulupa (*Passiflora edulis* f. *edulis* Sims) en Colombia. Centro de Bio-Sistemas Universidad

- Jorge Tadeo Lozano, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) y Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR), Bogotá, Colombia. Cap. 3:16 - 22.
- Ocampo, J.; Posada, P.; Medina, J.; y Jarvis, A. 2012. Zonificación agroecológica y efecto del cambio climático en el cultivo del maracuyá (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Degener) en Colombia. 58th Annual Meeting of the Interamerican Society for Tropical Horticulture – ISHS y VI Congreso de la Sociedad Peruana de Horticultura. Lima – Perú, del 3 al 6 de noviembre de 2012. Pp 41.
- Perry, R.; Moens, M.; y Starr, J. 2009. Root knot nematodes (Cabi). 480 p.
- Rodríguez-Kábana, R.; y King, P. S. 1987. La naranjilla y la maracuyá como hospederos de nematodos de la soya. *Nematropica* 17:171 - 177.
- Sánchez, M. Y.; Manyoma, L.; y Varón, F. 1993. Identificación y parasitismo de nematodos asociados con maracuyá (*Passiflora edulis* Sims). *Fitopatología Colombiana* 17(1):12 - 20.
- SAS INSTITUTE, STAT. 2000. Guide for personal computers. Version 8.1. SAS Inst., Cary, NC, USA. 1028 p.
- Sharma, R. D.; Junqueira, N. T. V.; y Gomes, A. C. 2000. Reaction of passionfruit genotypes to the *Reniform* nematode, *Rotylenchulus reniformis*. *Nematologia Brasileira* 25: 211–215.
- Siddiqi, R. 2000. Tylenchida: Parasites of plants and insects. CAB International. Londres. 864 p.
- Sikora, R. A.; y Fernández, E. 2005. Nematode parasites of vegetables. In: Luc, M.; Sikora, R. A.; y Bridge, J. (Eds.). Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture, CAB International, Wallingford, Reino Unido. Chap. 9:319 - 392.
- Suárez, Z.; González, M. S.; Rosales, L. C.; y Tellechea, V. 1993. Alteraciones histológicas en *Passiflora edulis* f. sp. *flavicarpa* inducidas por *Rotylenchulus reniformis*. *Fitopatología Venezolana* 6:11 - 14.
- Suárez, Z.; González, M. S.; y Tellechea, V. 1994. Distribución geográfica y daño causado por *Rotylenchulus reniformis* en Venezuela. Resúmenes XXVI Reunión Anual de la Organización de Nematólogos de los Trópicos Americanos, Honduras. Pp. 23.
- Ulmer, T. 2004. *Passiflora*. Passions flowers of the world. Portland, Oregon. Timber Press. 430 p.
- Villegas, B.; Ocampo J.; y Castillo, C. 2012. Principales enfermedades en el cultivo de gulupa y su manejo. En: Ocampo, J. y Wyckhuys, K. (Eds.). Tecnología para el cultivo de la gulupa (*Passiflora edulis* f. *edulis* Sims) en Colombia. Centro Biosistemas de la Universidad Jorge Tadeo Lozano, Centro Internacional de Agricultura Tropical CIAT y Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR) Bogotá, Colombia. Cap. 9: 54 - 65.
- Yockteng, R.; Coppens, G.; y Souza, T. 2011. *Passiflora*. In: Chittaranjan Kole (Ed.). Wild crop relatives: genomic and breeding resources. Tropical and Subtropical Fruits. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg. Chap. 7:129 - 171.