

## Evaluación de líneas de café (*Coffea arabica* L.) en almácigo contra *Meloidogyne exigua* (Göeldi 1887) en Alajuela, Costa Rica

### Evaluation of coffee seedling lines (*Coffea arabica* L.) against *Meloidogyne exigua* (Göeldi 1887) in Alajuela, Costa Rica

Roy Artavia-Carmona

Licenciado en Agricultura Alternativa

Universidad Nacional, Escuela de Ciencias Agrarias. Laboratorio de Nematología

[roy.artavia.carmona@una.cr](mailto:roy.artavia.carmona@una.cr)

 <https://orcid.org/0000-0003-0906-5444>

Costa Rica

Walter Peraza-Padilla

Magister en Agricultura Ecológica

Universidad Nacional. Escuela de Ciencias Agrarias. Laboratorio de Nematología

[walter.peraza.padilla@una.cr](mailto:walter.peraza.padilla@una.cr)

 <https://orcid.org/0000-0003-4651-5555>

Costa Rica


#### Resumen

Las pérdidas económicas en la producción de café debido a nematodos fitoparásitos se estiman de 10 a 25%. Determinar líneas con capacidad de resistencia o, al menos, tolerancia son necesarias en los programas de mejoramiento genético. El objetivo de esta investigación fue evaluar la tolerancia de cinco líneas de café derivadas del híbrido “Sarchimor T5296” denominadas San Isidro (SI) mediante la inoculación del nematodo *Meloidogyne exigua*, en etapa de almácigo. Se evaluaron las variables altura de la planta (cm), diámetro del tallo (mm) y número de hojas, 120 días después de la inoculación. Además, se evaluó el porcentaje de severidad de agallamiento y se hicieron conteos de nematodos para cada línea. Se observaron diferencias significativas tanto entre líneas como entre el tratamiento inoculado (TI) y tratamiento no inoculado (TNI) con *M. exigua*. Las líneas SI35 y la SI31 fueron las que presentaron los mejores resultados tanto en las variables de crecimiento, como en los porcentajes de severidad con comportamiento resistente en ambas variables. Las líneas SI27 y SI34 mostraron comportamiento moderadamente susceptible y susceptible, respectivamente, para el porcentaje de severidad de agallamiento. La línea más promisoría para futuras investigaciones fue la SI35, ya que mostró las características más sobresalientes para las variables evaluadas.

**Palabras clave:** Nematodo agallador, cafeto, altura, grosor, número de hojas

#### Abstract

Economic losses in coffee production due to phytoparasitic nematodes are estimated around 10 to 25%. Determining lines with resistance capacity or at least tolerance to nematodes are necessary in genetic improvement programs. The objective of this research was to evaluate tolerance of five coffee lines called San Isidro (SI) derived from “Sarchimor T5296” hybrid, by inoculating seedlings with *Meloidogyne exigua* nematode. Plant height (cm), stem diameter (mm) and number of leaves were the variables evaluated 120



days after inoculation. Gall severity percentage, and nematode counts per line were also evaluated. Significant differences were observed between lines and between *M. exigua* inoculated treatment (TI) and non-inoculated treatment (TNI). SI35 and SI31 lines presented best results in growth variables, as well as in severity percentage with resistant behaviour for both variables. SI27 and SI34 lines showed moderately susceptible and susceptible behaviour respectively for gall severity percentage. The most promising line for future research was SI35 since it showed the most outstanding characteristics in the variables evaluated.

**Keywords:** Root-knot nematode, coffee tree, height, thickness, number of leaves

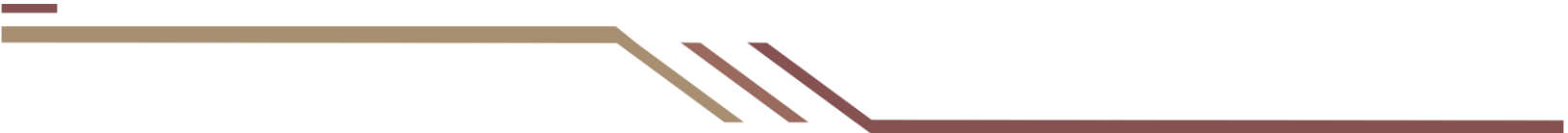
## Introducción

El café pertenece al género *Coffea* y a la familia Rubiaceae, la cual cuenta con más de 6 000 especies. Es un cultivo de gran importancia económica, tanto a nivel nacional como internacional (Rodríguez, 2011), ya que es uno de los principales productos de los mercados mundiales más importantes de materias primas y bolsas de valores, especialmente Londres y Nueva York (Monroig, 2015).

En Centro América, la caficultura es la principal actividad económica y el café el mayor producto de exportación. Se cultiva en áreas extensas sobre la vertiente pacífica, el centro de los países y un poco sobre las regiones orientales, de 500 a 1 800 msnm, principalmente en zonas montañosas con pendientes pronunciadas (Jaehn, 1990).

Dentro de las variedades más cultivadas se encuentra el híbrido Sarchimor, de mayor variabilidad genética natural que otras más comúnmente cultivadas (Quijano, 2007). Esta línea proviene del cruce entre la variedad Villa Sarchí (CIFC H-361) y el híbrido Timor (CIFC 832/2) y logra mantener los genes de resistencia del híbrido Timor ante la roya del café, además de que posee características genotípicas de la variedad Villa Sarchí, como productividad y calidad de bebida, entre otras (Quijano, 2007; Ramírez, 2017). Asimismo, se cree que esta línea puede tener resistencia contra otros agentes patógenos como *Colletotrichum kahawae* (CBD), *Fusarium oxysporum*, *Pseudomonas syringae* y contra los nematodos *Meloidogyne exigua*, *M. incognita* y *M. arabicida* (Bettencourt y Fazuoli, 2008).

Los nematodos fitoparásitos representan uno de los principales problemas fitosanitarios que afectan las plantaciones agrícolas, ya que provocan daños en los sistemas radicales y el cultivo de café no está exento (Fontana *et al.*, 2013; Durán, 2012). De




acuerdo con Souza (2008), estos microorganismos ocasionan pérdidas en el rendimiento del cultivo, retardan el crecimiento y desarrollo de la planta e impiden que la misma alcance su máximo nivel productivo. Los dos nematodos de mayor importancia en los cafetales de América Central son, en orden de importancia, de los géneros *Meloidogyne* y *Pratylenchus* (Luc, Sikora y Bridge, 1990).

En el género *Meloidogyne* destacan básicamente las especies *M. exigua* y *M. incognita*. En Costa Rica, varios investigadores reportan las especies *M. exigua*, *M. arabicida*, *M. javanica*, *M. incognita*, *M. enterolobii* (López, 1984; López y Salazar, 1989; Rojas y Salazar, 2013; Villain *et al.*, 2013) y *M. lopezi* (Humphreys, Flores, Gómez, Salazar, Gómez y Elling, 2014). En el caso de *M. exigua*, Jobert (1878), informó su presencia por primera vez en una plantación de café en Río de Janeiro, sin embargo, fue descrita por Goeldi hasta 1887.

La especie *M. exigua* se reporta principalmente en plantaciones de café en las regiones de Centro y Sur de América, pero también en el sur de la India, China y algunos países de Europa. Debido a su amplia distribución, ocasiona problemas fitosanitarios cada ciclo del cultivo en todas las zonas cafetaleras (Rodríguez, 2011; Elling, 2013), por ejemplo, en Río de Janeiro se estima una reducción cercana al 45% en la productividad del café debido a su ataque (Barbosa, Viera, Souza, Viana y Silva, 2004). En Costa Rica, es la especie más comúnmente asociada al cultivo de café en muchas de las regiones cafetaleras y puede causar pérdidas económicas estimadas entre 10 y 20% (Anthony, Topart, Astorga, Anzueto y Bertrand, 2003; Rojas y Salazar, 2013).

El control de nematodos es complejo y se necesita integrar diferentes estrategias para reducir las poblaciones a niveles que no afecten los sistemas radicales de las plantas (Fontana *et al.*, 2013). Uno de los principales problemas que dificulta su combate en campo es la cantidad de especies hospederas alternas, las cuales son arvenses muy comunes, como *Bidens pilosa* L., *Emilia fosbergii* Nicolson, *Amaranthus deflexus* L. y *Euphorbia heterophylla* L., entre otras (Peraza y Orozco, 2018).



El uso de variedades resistentes es una medida para combatir los inconvenientes que provocan los nematodos en los cultivos. Es una propuesta más económica, eficiente y ecológicamente correcta para reducir el problema que ocasionan los nematodos fitoparásitos (De Lima-Salgado y Costa-Rezende, 2010). Determinar variedades o líneas con capacidad de resistencia o, al menos, tolerancia a nematodos, es una tarea necesaria en los programas de mejoramiento genético, con el fin de contar con un sistema de manejo integrado de plagas (MIP) (Rodríguez, 2011; Anthony *et al.*, 2003). Por lo anterior, el objetivo de esta investigación fue evaluar la tolerancia de cinco líneas de café derivadas del híbrido “Sarchimor T5296” mediante la inoculación del nematodo *M. exigua* en la etapa de almácigo, como fase elemental en los programas de mejoramiento y establecimiento del cultivo.

## **Metodología**

### **Localización del ensayo**

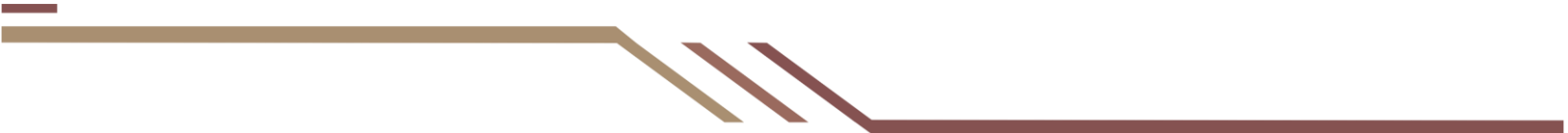
El ensayo se realizó en un invernadero de la Hacienda Alsacia, ubicada en Dulce Nombre de San Isidro de Alajuela, Costa Rica (10° 5'49.11"N y 84°11'59.90"O), a una altitud de 1 400 a 1 600 msnm. La fase experimental se desarrolló durante diciembre 2015 con siembra de semillas hasta octubre 2016 donde se realizaron las últimas mediciones en campo y se recolectaron las plantas para su posterior procesamiento en el Laboratorio de Nematología de la Universidad Nacional (LN-UNA).

La precipitación total registrada en el 2016 fue de 2 907 mm, con un promedio de 242 mm de lluvia por mes (Calderón, 2017).

### **Siembra de las semillas y obtención de plantas de almácigo de café**

Como material vegetal para el ensayo, se utilizaron semillas de cinco líneas de café derivadas de “Sarchimor T5296”, llamadas San Isidro (SI): 27, 31, 32, 34 y 35 y como testigo una variedad Caturra (CT) conocida por su susceptibilidad a nematodos.

Como sustrato se utilizó una mezcla de arena gris de río y suelo, previamente esterilizada, en una proporción 1:1 v/v. Se llenaron tubetes de polietileno (5 cm de diámetro x 18 cm de largo) con aproximadamente 330 g de sustrato. Se sembraron dos



semillas de café por tubete y se colocaron en una “cama” de malla desde la siembra hasta el final del ensayo.

A mediados de junio de 2016, cuando las plantas tenían 135 días de germinadas, se procedió a la inoculación de nematodos. Cuatro meses después de la inoculación se finalizó el ensayo, momento en el cual las plantas tenían 8.5 meses de germinadas. Se regaron dos veces al día (8:00 am y 4:00 pm) con dos micro aspersores. Cuando las plantas tenían dos hojas verdaderas, se aplicaron de manera manual 5 g de fertilizante (Osmocote, 14%N-14%P-14%K) por tubete; además, se aplicó abono foliar (Bayfolán 30 mL/10 L de agua) una vez al mes, para suplir las necesidades de microelementos.

### **Obtención e inoculación de *M. exigua***

La población inicial de *M. exigua* se obtuvo de un lote de café del Centro de Investigaciones en Café (CICAFÉ) ubicado en Barva de Heredia. Los sistemas radiculares de las plantas que contenían hembras y masas de huevos se llevaron al LN-UNA para su proceso. Se extrajeron huevos por el método de Barker (1985) y juveniles con la metodología de centrifugación en flotación azucarada (Taylor y Loegering, 1953).

Los huevos y juveniles extraídos se llevaron al invernadero para ser inoculados en las unidades experimentales (tubetes con dos plantas cada uno). Para ello, se realizó un pequeño hueco de 2 cm de profundidad en el sustrato en medio de las dos plantas y se agregaron con una micropipeta 5 ml de “suspensión madre” que contenía en promedio 2 000 unidades, entre huevos y juveniles de *M. exigua*. Para el tratamiento control (sin nematodos), se inoculó agua destilada.

### **VARIABLES DE CRECIMIENTO EVALUADAS**

Las variables de crecimiento evaluadas fueron: altura de plantas, grosor del tallo y número de hojas, tanto en los tratamientos inoculados como en el testigo, a los 120 días después de la inoculación (ddi).

### **Porcentaje (%) de severidad del agallamiento**

Para determinar esta variable se recolectaron las plantas junto con los tubetes y se colocaron en una bolsa debidamente rotulada y sellada; luego se trasladaron al LN-UNA para su procesamiento. Cada sistema radical se lavó con agua para eliminar el sustrato adherido a las raíces y así determinar el porcentaje de severidad del agallamiento. Se utilizó el Diagrama de Infección Radical propuesto por Sañudo, Betancourth y Salazar (2003), el cual categoriza la severidad del agallamiento del sistema radical de la planta causado por *Meloidogyne* spp, conocido como “reacción del genotipo” (G), como G-0 (0%) libre de agallas-inmune (I), G-1 (1 a 10%) resistente (R), G-2 (11 a 25%) moderadamente resistente (MR), G-3 (26 a 50%) moderadamente susceptible (MS), G-4 (51 a 75%) susceptible (S) y G-5 (76 al 100%) altamente susceptible (AS).

### **Análisis de la población final de nematodos en raíz y sustrato**

Las 15 unidades experimentales por línea de tratamiento SI y CT, se picaron en pequeños trozos de 1 cm y se procesaron mediante el método de centrifugación en flotación azucarada (Taylor y Loegering, 1953). Posteriormente, con un microscopio invertido (magnificación 10X), se contabilizó la población final de *M. exigua* en cada uno de los tratamientos. En el caso del sustrato, se homogenizó y se tomó una submuestra de 100 g de cada uno de los tubetes; luego se procesó por medio del método de tamizado y centrifugación-flotación en solución azucarada (Jenkins, 1964). Por último, se determinó la densidad poblacional de *M. exigua* en cada uno de los tratamientos inoculados.

### **Diseño experimental y análisis estadístico**

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar, con 15 repeticiones por línea para cada tratamiento. Cada repetición fue una unidad experimental, la cual consistió en un tubete con dos plantas cada uno. Los tratamientos fueron “Inoculado” y “Sin Inocular” con cinco líneas de café derivadas de “Sarchimor T5296”: SI 27, 31, 32, 34 y 35 y la variedad CT como testigo.

Para evaluar el efecto de *M. exigua* sobre el crecimiento de las plantas (altura, diámetro del tallo, número de hojas) y el porcentaje de severidad de agallamiento por

*Meloidogyne*, se realizó un análisis de varianza de los datos a los 120 ddi. Se utilizó una estructura factorial de tratamientos (líneas de café e inoculación de nematodos), a través de un Modelo General Lineal (GLM) de SAS® 9.4. Además, para evaluar las diferencias entre niveles de los factores se realizó la prueba de Waller-Duncan.

También se utilizó el procedimiento GenMod de SAS® 9.4 para determinar diferencias entre tratamientos de los conteos de huevos y juveniles de *M. exigua* (poblaciones finales) en raíz y sustrato, así como la prueba de Waller-Duncan, para evaluar diferencias entre niveles.

## Resultados y discusión

### Variables de crecimiento de las plantas de almácigo de café

De acuerdo con el análisis de varianza, la altura, diámetro y número de hojas de las líneas SI, fueron mayores ( $P < 0.0296$ ) que las del CT (testigo), en ambos tratamientos, tanto en el inoculado como en el no inoculado (**tabla 1**).

**Tabla 1.**

*Análisis de las variables de crecimiento a los 120 días después de la inoculación (n=30). San Isidro de Alajuela, 2016*

Líneas de Café	Variables de Crecimiento					
	Altura (cm)		Diámetro (mm)		Número de Hojas	
	Inoculado	Sin Inocular	Inoculado	Sin Inocular	Inoculado	Sin Inocular
SI 35	12.50 <sup>A</sup> (NS)	13.58 <sup>A</sup>	2.60 <sup>A</sup> (NS)	2.60 <sup>A</sup>	9.27 <sup>AB</sup> (NS)	9.53 <sup>AB</sup>
SI 31	13.20 <sup>A</sup> (NS)	13.77 <sup>A</sup>	2.59 <sup>A</sup> (NS)	2.55 <sup>A</sup>	9.10 <sup>AB</sup> (*)	10.20 <sup>A</sup>
SI 32	12.45 <sup>A</sup> (NS)	12.19 <sup>B</sup>	2.56 <sup>A</sup> (NS)	2.46 <sup>AB</sup>	9.43 <sup>A</sup> (NS)	9.57 <sup>AB</sup>

Líneas de Café	Variables de Crecimiento					
	Altura (cm)		Diámetro (mm)		Número de Hojas	
	Inoculado	Sin Inocular	Inoculado	Sin Inocular	Inoculado	Sin Inocular
SI 27	12.08 <sup>A (NS)</sup>	11.23 <sup>BC</sup>	2.59 <sup>A (NS)</sup>	2.49 <sup>AB</sup>	8.70 <sup>AB</sup> (NS)	8.90 <sup>B</sup>
SI 34	9.31 <sup>B (*)</sup>	12.34 <sup>B</sup>	2.30 <sup>B (NS)</sup>	2.39 <sup>B</sup>	8.21 <sup>BC (*)</sup>	10.46 <sup>A</sup>
CT	7.27 <sup>C</sup> (*)	10.84 <sup>C</sup>	1.97 <sup>C (*)</sup>	2.21 <sup>C</sup>	8.00 <sup>C</sup> (*)	9.70 <sup>AB</sup>
Probabilidad	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.0296	0.0190
Error Estándar	0.5350	0.4336	0.0658	0.0567	0.3648	0.3257

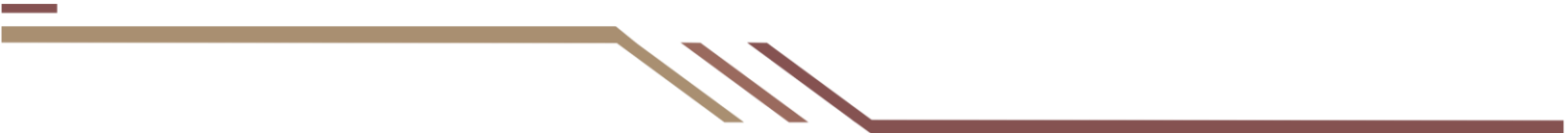
Nota: Letras iguales en cada columna indican que no hay diferencias entre variedades según la prueba Waller-Duncan (razón k=100). (\*) Diferencias estadísticamente significativas. NS No hubo diferencias entre los tratamientos inoculados para cada línea (SI).

Fuente: elaboración propia

Las variedades SI se diferenciaron al presentar alturas de planta entre 12.08 cm (SI27) y 12.50 cm (SI35) en el tratamiento inoculado, mientras que en el tratamiento sin inocular fueron entre 11.23 cm (SI27) y 13.77 cm (SI31). La variedad CT presentó la menor altura de planta, tanto en el tratamiento inoculado como en el sin inocular, 7.27 cm y 10.84 cm, respectivamente. Sin embargo, al comparar entre tratamientos, inoculadas contra sin inocular, la variedad CT y la SI34 presentaron reducción del crecimiento de plantas con la inoculación de nematodos.

Respecto al diámetro del tallo, en el tratamiento inoculado, las líneas SI35, SI31, SI32 y SI27 respondieron de forma igual; sin embargo, la SI34 presentó un menor diámetro que las otras SI ( $P < 0.05$ ), pero mayor a la CT. En el tratamiento sin inocular, las líneas SI35 (2.60 mm), SI31 (2.55 mm), SI32 (2.46 mm), SI27 (2.49 mm), no presentaron diferencias significativas entre sí y fueron las líneas con los diámetros mayores. Con respecto al CT, fue la que tuvo el menor diámetro comparada con el resto de las líneas en el ensayo.





En la variable número de hojas para el tratamiento inoculado, la SI32 fue la que tuvo el valor más alto ( $P < 0.05$ ), difiriendo con respecto a la SI34. Dicha diferencia fue de 12.9% menos hojas para la SI34. Además, CT tuvo 15% menos de hojas que SI34 ( $P < 0.05$ ). Las plantas del tratamiento sin inocular de las líneas SI34 y SI31 tuvieron la mayor cantidad de hojas (más de 10), difiriendo significativamente ( $P < 0.05$ ) solo de la SI27, que tuvo menos de nueve hojas por planta, con reducciones en cantidad de hojas de la SI27 versus SI34 de 14.9% y SI27 versus SI31 12.7%.

La reducción en la cantidad de hojas que presentó la CT del tratamiento “inoculado” con respecto al tratamiento “sin inocular” fue similar al que se observó en la línea SI34. Tanto la CT y SI34 fueron los tratamientos con más pérdidas en la cantidad de hojas por presencia de nematodos.

### **Porcentaje de severidad del agallamiento**

El porcentaje de severidad reflejó qué tan agallado se encontró el sistema radical en cada una de las líneas SI. La SI35 (la menos agallada) presentó un porcentaje de 5.3% con un comportamiento de reacción del genotipo como resistente (R) a nematodos (**tabla 2**). Al observar el sistema radical de la línea SI35, se encontraron pocas agallas en las plantas inoculadas (**figura 1-A**).

La línea SI31 también mostró un comportamiento de resistente (R), con solo un 10.5% de afectación. La línea SI32 mostró un porcentaje de agallamiento de 11.2%, por lo que se categorizó como moderadamente resistente (MR) a nematodos. De acuerdo con la prueba de Waller-Duncan, la SI35, SI31 y SI32 obtuvieron bajos porcentajes de agallamiento y no mostraron diferencias significativas entre sí ( $P > 0.05$ ), siendo la SI35 la mejor línea.

La línea SI27 mostró plantas con un porcentaje de severidad de 31.6%, lo que indicó que son moderadamente susceptibles (MS) (**tabla 2**) (**figura 1-D**). Finalmente, las líneas SI34 y CT presentaron un porcentaje de severidad de 59.9% y 66.4% respectivamente. Ambas, la SI34 y CT no presentaron diferencias significativas entre sí ( $P > 0.05$ ) y se agruparon de acuerdo con la reacción de genotipo, como plantas susceptibles (S) a M.

*exigua* (**tabla 2**). Tanto la línea SI34 y CT, mostraron un alto porcentaje de severidad de agallamiento radical (**figura 1 E-F**).

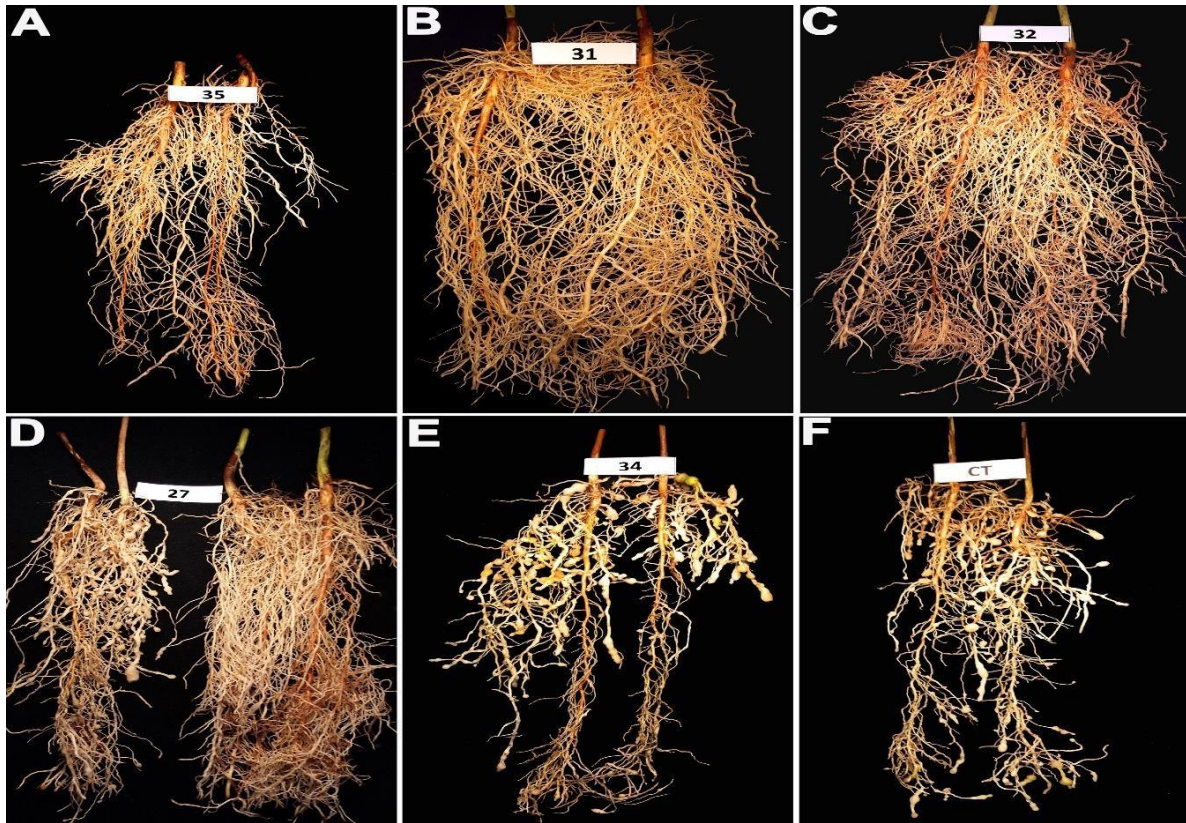
**Tabla 2.**

*Porcentajes de severidad por cada línea de acuerdo con el agallamiento observado en cada unidad experimental, mediante el uso de la escala planteada por Sañudo, Betancourth y Salazar (2003). San Isidro de Alajuela, 2016*

Líneas	Porcentaje de Severidad	Reacción del genotipo
SI35	5.3 <sup>C</sup>	Resistente (R)
SI31	10.5 <sup>C</sup>	Resistente (R)
SI32	11.2 <sup>C</sup>	Moderadamente resistente (MR)
SI27	31.6 <sup>B</sup>	Moderadamente susceptible (MS)
SI34	59.9 <sup>A</sup>	Susceptible (S)
CT	66.4 <sup>A</sup>	Susceptible (S)
<b>Probabilidad</b>	< 0.0001	

Nota: Letras iguales en cada columna indican que no hay diferencias estadísticamente significativas entre líneas según la prueba Waller-Duncan (razón k = 100)

Fuente: elaboración propia



**Figura 1.** Sistemas radicales de café de las líneas San Isidro (SI) y Caturra (CT) (testigo), a los 120 días después de la inoculación con *M. exigua*. A. SI35, B. SI31, C. SI32, D. SI27. E. SI34, F. CT. San Isidro de Alajuela. 2016. Fuente: elaboración propia

### **Análisis del conteo de nematodos (juveniles y huevos)**

La cantidad de juveniles tanto en raíz, como en sustrato con *M. exigua* fue diferente entre tratamientos inoculados ( $P < 0.0004$ ). En el caso del conteo de huevos, las cantidades fueron diferentes para raíz ( $P < 0.0001$ ), no así para los extraídos del sustrato, donde fueron iguales ( $P > 0.2798$ ) (**tabla 3**).

Las líneas SI31, SI35 y SI32 presentaron los promedios de conteo más bajos de huevos y juveniles en raíz y sustrato. La SI35 fue la que toleró mejor la inoculación de *M. exigua* y al compararla con la CT, presentó un 72% (465) y 65% (1 132) menos de juveniles y huevos respectivamente, por lo que sí hubo una diferencia estadísticamente significativa ( $P < 0.05$ ) entre esta y el testigo.

Las líneas SI27 y SI34 presentaron similarmente el mayor promedio de nematodos y huevos, tanto en raíz como en sustrato (**tabla 3**). Las líneas SI27 y SI34 tuvieron 58% (342) y 143% (844) más juveniles y 79% (1372) y 149% (2 602) más huevos en promedio que la CT. La SI34 (línea que tuvo mayor cantidad de huevos y nematodos) sí presentó diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) en raíz para juveniles, con respecto a la CT al contabilizar 844 juveniles de más. Con relación al promedio del conteo de huevos en raíz, la diferencia no fue estadísticamente significativa ( $P > 0.05$ ) aun así, la SI34 presentó 2 602 huevos de más que la CT (**tabla 3**).

**Tabla 3.**

*Promedio de huevos y juveniles en raíz y sustrato para las líneas San Isidro (SI) y Caturra (CT) (Testigo). San Isidro de Alajuela, 2016*

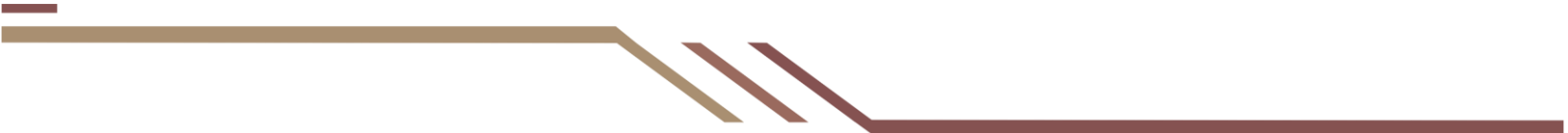
Líneas	Raíz		Sustrato	
	Juveniles	Huevos	Juveniles	Huevos
SI35	167.8 <sup>A</sup>	608.5 <sup>A</sup>	1.07 <sup>A</sup>	2.53
SI31	147.7 <sup>A</sup>	697.5 <sup>A</sup>	3.20 <sup>B</sup>	2.47
SI32	271.9 <sup>AB</sup>	1162.1 <sup>AB</sup>	1.27 <sup>A</sup>	2.47
SI27	934.9 <sup>CD</sup>	3112.1 <sup>C</sup>	3.67 <sup>B</sup>	4.40
SI34	1436.3 <sup>D</sup>	4343.2 <sup>C</sup>	5.27 <sup>B</sup>	3.47
CT	592.3 <sup>BC</sup>	1740.8 <sup>BC</sup>	2.80 <sup>B</sup>	2.27
<b>Probabilidad</b>	<0.0001	<0.0001	0.0004	0.2798
<b>Error estándar</b>	0.3209	0.2757	0.2521	0.2496

Nota: Letras iguales en cada columna indican que no hay diferencias estadísticamente significativas entre líneas según la prueba Waller-Duncan (razón  $k=100$ )

Fuente: elaboración propia

### **Variables de crecimiento**

Las plantas de café respondieron de forma diferente en cuanto a altura, diámetro y número de hojas con la inoculación de *M. exigua*. Investigadores como Cepeda-Siller (1996) y Caillaud *et al.* (2008), mencionan que los nematodos agalladores provocan atrofia




en el funcionamiento de los reguladores de crecimiento en las raíces y parte aérea de las plantas, trastornos en la respiración celular, alteraciones del ciclo celular, afectan la síntesis de ADN y modificaciones en la síntesis de fitohormonas. Todas estas alteraciones se deben a la formación de células gigantes (agallas) que reducen el crecimiento y desarrollo de las plantas, tal y como se observó en la SI27, SI34 y CT (**figura 1**). Di Vito, Crozzoli y Vovlas (2000), encontraron en plantas de café de cuatro y diez meses de edad e inoculadas con *M. exigua*, una reducción en el crecimiento de 34 y 45% respectivamente, a diferencia de plantas sin presencia de nematodos, que tuvieron un crecimiento esperado.

En esta investigación se inocularon aproximadamente 2 000 juveniles ( $J_2$ ) y huevos por tubete, alrededor de  $7 J_2 + \text{huevos/cm}^3$ , cantidad suficientemente alta para lograr observar como las plantas de cada tratamiento presentaron un crecimiento heterogéneo entre ellas. Por ejemplo, Ferreira (1995) encontraron reducción del crecimiento de las plantas de café en almácigo a partir de poblaciones iniciales de  $16 \text{ huevos/cm}^3$  de suelo. Asimismo, Rojas y Salazar (2013), en una investigación realizada con *M. exigua* en Costa Rica, determinaron que con poblaciones iniciales superiores a  $32 \text{ huevos/cm}^3$ , se generaba una reducción de alrededor del 20% en la altura y el diámetro del tallo en plantas de café.

A pesar de que en esta investigación se utilizaron poblaciones iniciales inferiores a las reportadas por los anteriores autores, la reducción del crecimiento en altura con la incorporación de  $7 J_2 + \text{huevos/cm}^3$  fue de 24.5% y 32.9% para los materiales SI34 y CT respectivamente, ambas líneas, las más susceptibles del ensayo.

En el caso de la variable grosor de tallo, la CT sí mostró un efecto del tratamiento de las plantas inoculadas con respecto a las sin inocular. Esta diferencia significativa correspondió a una reducción del crecimiento de un 11%, con la inoculación de aproximadamente  $700 J_2 + \text{huevos/100cm}^3$ .

Las líneas SI35, SI31 y SI32 inoculadas, tuvieron mejor comportamiento en las variables medidas. En el caso de la SI35 y la SI31 fueron consideradas resistentes (R), en tanto la SI32, se comportó como moderadamente resistente (MR) a *M. exigua*. Plantas dentro de estos dos rangos de resistencia, tendrán un desarrollo normal, ya que la raíz y la

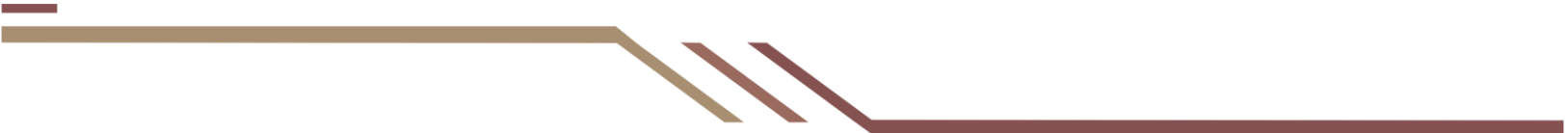


parte aérea continuarán su crecimiento normal y no serán afectadas (Gelpud, Mora y Salazar, 2011). De acuerdo con Sañudo y Betancourth (2005), materiales vegetales con resistencia o resistencia moderada, permiten un adecuado funcionamiento fisiológico de los procesos de absorción y adsorción de nutrientes esenciales y agua, sin que se afecte su crecimiento.

En la variable número de hojas, hubo diferencias con relación a la pérdida de hojas del tratamiento inoculado con respecto al sin inocular, en la línea más susceptible (SI34), así como en el testigo (CT), con reducción del 21% y 17% respectivamente. La defoliación en vivero es un síntoma muy frecuente cuando los suelos utilizados para elaborar los almácigos presentan altas poblaciones de nematodos fitoparásitos, que posteriormente parasitarán las plántulas (Araya, 1994; Hussey y Williamson, 1998). Asimismo, estos autores mencionan que tanto los viveros como plantaciones de café con poblaciones elevadas de *Meloidogyne*, pueden manifestar clorosis, raquitismo, enanismo y defoliación, entre otros.

### **Porcentaje de severidad del sistema radical**

El parasitismo y agallamiento que provoca *Meloidogyne* en el sistema radical de plantas de café, genera que las raíces sufran alteraciones celulares con formación de células gigantes, que afectan funciones primordiales como absorción, translocación del agua y nutrientes que se encuentran disponibles en solución (Salgado, Oliveira, Silva y Campos, 2008). Por su parte, Taylor y Sasser (1983), mencionan que existe correlación entre la formación de agallas por *Meloidogyne* y la disminución del crecimiento de la parte aérea de la planta. En el ensayo, se comprobó que la SI34 y la CT fueron las que presentaron mayor incidencia y severidad de agallas, por lo tanto, también presentaron el menor crecimiento al inocularse. De acuerdo con Kirkpatrick, Oosterhuis y Wullschleger (1991), plantas hospederas de nematodos fitoparásitos endoparásitos como *Meloidogyne*, sufren cambios morfológicos debido a la formación de agallas, lo que induce a varias sintomatologías en la planta, entre ellas, falta de crecimiento, aparición de deficiencias nutricionales, heterogeneidad de plantas en el campo y marchitez en días calurosos.



En esta investigación, se homogenizó tanto el tipo de sustrato como las condiciones climáticas para todos los tratamientos y líneas; sin embargo, el porcentaje de severidad o daño fue diferente, lo que obedeció principalmente al genotipo de cada planta y a su capacidad de reprimir, retardar o evitar el efecto de *M. exigua*. Sobre este tema, Cepeda-Siller (1996) y Sharma, Haseeb y Abuzar (2006), indican que la versatilidad sobre la capacidad de tolerancia que tienen algunas plantas a nematodos está influenciada por las condiciones de temperatura, humedad, textura de suelo y principalmente por el tipo de hospedero. La genética de la planta juega un papel importante en el parasitismo y severidad reflejada.

También Davis y May (2003), coinciden en que el grado de tolerancia de los cultivares con índices de agallamiento y niveles de resistencia similares, no siempre es igual de una línea a otra, ya que existirán algunas susceptibles derivadas de un mismo patrón genético. Ejemplo de ello es la condición de moderadamente susceptible de la SI27 y susceptible de la SI34, en donde el sistema radicular de esta última línea fue el que presentó la mayor severidad de agallamiento de las líneas evaluadas. En el caso de SI35, SI31 y SI32, presentaron un comportamiento R a MR.

El comportamiento R que presentaron las líneas SI35, SI31 y SI32, se debió probablemente a una respuesta de defensa, con la activación de los genes o mecanismos que confieren la capacidad de resistencia ante nematodos fitoparásitos, no así en las líneas SI27 y SI34. En lo que se refiere a resistencia, Camacho (1991), Sandoval-Pillajo y Lomas-Arias (2007), indican que, si no hay expresión o activación de los mecanismos de respuesta en defensa de las raíces, estos determinan que haya abundantes sitios de alimentación para el nematodo, lo que favorece un alto número y tamaño de agallas que concluye con una infección radical elevada. Caso contrario, si se da la activación y respuesta de los mecanismos de defensa, se ocasiona una alteración sobre las condiciones de supervivencia y desarrollo del nematodo. Al haber disminución de sitios de alimentación, se impide que el nematodo complete su ciclo reproductivo, hay escasa formación de agallas y finalmente, un bajo porcentaje de severidad de infección radical.

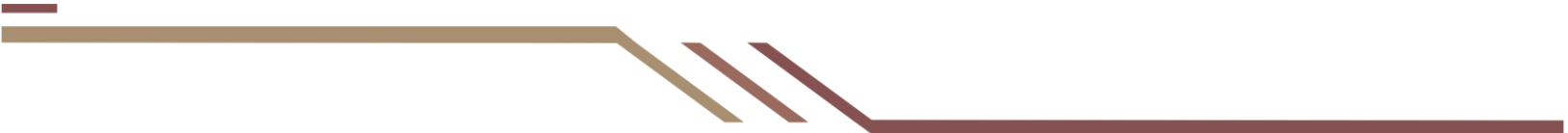
## Conteo de nematodos

Las líneas que mostraron densidades poblacionales considerables de *M. exigua* fueron la SI27 y SI34, es decir, según la categorización de Sañudo, Betancourth y Salazar (2003), fueron catalogadas como moderadamente susceptible (MS) y susceptible (S), respectivamente. De acuerdo con el ensayo, estas plantas presentaron altas tasas de reproducción y un exitoso desarrollo de los nematodos inoculados. Taylor y Sasser (1983), coinciden en afirmar que, aunque las plantas hospederas presenten diferentes grados de susceptibilidad ante un nematodo fitoparásito (en este caso *M. exigua*), se debe prestar mucha atención a aquellas líneas que tengan categorías de susceptibilidad alta y moderada. Estas líneas favorecen la penetración y reproducción del nematodo, con densidades poblacionales de huevos y juveniles altamente significativas. Según García (2012), el daño que se puede observar en raíz es proporcional a la cantidad de nematodos encontrados, es decir, es de esperar que un sistema radical con destrucción general y gran cantidad de agallas, presente mayores densidades poblacionales de nematodos y viceversa.

En el ensayo se observó que las líneas SI35 y SI31 resultaron ser R y la línea SI32 fue MR. Los conteos de juveniles y huevos en los sistemas radicales no fueron significativos, lo que supone que esta condición, quizás se debió a una menor tasa de penetración y multiplicación, así como a una mejor capacidad de tolerancia de la planta a la plaga. De acuerdo con Taylor y Sasser (1983), cuando una planta hospedera presenta una categoría de R a MR, no permite la reproducción del nematodo, por lo que habrá menor cantidad de agallas y será menor la cantidad de estadios infectivos que logren su desarrollo hasta la fase adulta. Sharma, Haseeb y Abuzar (2006), concuerdan en afirmar que las líneas con capacidad R y MR son más valiosas si tienen la posibilidad de reducir la reproducción del nematodo en forma positiva en el medio donde se encuentren.

Existe la posibilidad de que la planta, ante la presencia de algún fitonematodo en las raíces, active las señales de reconocimiento del agente patógeno. Entre más crece el nivel de resistencia de una planta, más aumenta el nivel de tolerancia de esta al patógeno (en este caso a los nematodos) (Sharma, Haseeb y Abuzar, 2006). Por lo tanto, las plantas de las






líneas SI35 y SI31 (R según el porcentaje de severidad), probablemente realizaron un reconocimiento ante la presencia de los nematodos inoculados.

Es oportuno agregar que el porcentaje de severidad brinda un panorama general de la capacidad de tolerancia o susceptibilidad que tienen las plantas de una línea ante el ataque del nematodo *M. exigua*. En el caso del conteo de huevos y juveniles, la capacidad de reproducción de los nematodos se mostró en cada una de las líneas utilizadas en el ensayo. Ambas mediciones (porcentaje de severidad y conteos de juveniles y huevos), son las evaluaciones más adecuadas en este tipo de ensayos. En contraste con lo descrito, Sharma, Hasseb y Abuzar (2006), mencionan que, aunque dos líneas tengan un comportamiento muy similar con respecto al porcentaje de severidad del agallamiento, la población de nematodos que se encuentra en cada una de ellas puede variar. Asimismo, el conteo de las poblaciones es una variable más detallada y la cantidad de nematodos presentes en los sistemas radicales está más ligada con la supresión del crecimiento, tanto en las raíces como en la parte aérea de las plantas.

## **Conclusiones**

Se determinó que la inoculación de *M. exigua* en algunas líneas de plantas de café en invernadero les redujo significativamente sus variables de altura, diámetro del tallo y número de hojas. Se comprobó que las líneas SI35 y SI31 del tratamiento inoculado se comportaron como R para el porcentaje de severidad contra nematodos y en el caso de la línea SI32 se comportó como MR. Finalmente, la línea SI34 resultó ser S al igual que la testigo (CT), esta última conocida por su susceptibilidad a nematodos.

La línea más promisoría para futuras investigaciones fue la SI35, ya que mostró las características más sobresalientes, tanto en las variables de crecimiento de la planta, como en las de porcentaje de severidad, conteos de huevos y juveniles, con un comportamiento R. Es fundamental, en programas de mejoramiento de cultivos, realizar ensayos para evaluar materiales vegetales promisorios, con capacidad de resistencia o al menos tolerancia a nematodos, ya que permite identificar con exactitud cuáles líneas pueden seguir el proceso de investigación y ser llevadas al campo.



La elaboración de almácigos de café se debe de realizar con suelos libres de plagas para lograr obtener plantas más sanas, vigorosas, con mayor y mejor crecimiento y así evitar la diseminación de nematodos de un sitio a otro.

### **Agradecimientos**

Nuestro agradecimiento a MSc. Irena Hilje Rodríguez por la revisión del documento.

### **Literatura citada**

Anthony, F., Topart, P., Astorga, C., Anzueto, F. y Bertrand, B. (2003). La Resistencia Genética de *Coffea* spp. A *Meloidogyne paranaensis*: identificación y utilización para la caficultura latinoamericana. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología*, 67(1), 5-12. Recuperado de:

[http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/7620/MIPA\\_67\\_Completa.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/7620/MIPA_67_Completa.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Araya, M. (1994). Sintomatología en ataques de nematodos en café. *Noticiero del café*, Costa Rica. 9 (87), 3-4.

Barbosa, D., Viera, H., Souza, R., Viana, A. y Silva, C. (2004). Field Estimates of Coffee Yield Losses and Damage Threshold by *Meloidogyne exigua*. *Nematologia Brasileira*, 28(1), 49-54. Recuperado de:

[https://www.researchgate.net/profile/Ricardo\\_Souza15/publication/291782278\\_Field\\_estimates\\_of\\_coffee\\_yield\\_losses\\_and\\_damage\\_threshold\\_by\\_Meloidogyne\\_exigua/links/57c7e5e908ae9d64047eae58/Field-estimates-of-coffee-yield-losses-and-damage-threshold-by-Meloidogyne-exigua.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Ricardo_Souza15/publication/291782278_Field_estimates_of_coffee_yield_losses_and_damage_threshold_by_Meloidogyne_exigua/links/57c7e5e908ae9d64047eae58/Field-estimates-of-coffee-yield-losses-and-damage-threshold-by-Meloidogyne-exigua.pdf)

Barker, K. (1985). An advanced treatise on *Meloidogyne*. International *Meloidogyne* project. North Caroline State, United States 2, 127-134.

Bettencourt, A. y Fazuoli, L. (2008). Melhoramento Genético de *Coffea arabica* L.: Transferencia de Genes de Resistencia a *Hemileia vastatrix* do Híbrido de Timor

para a cultivar Villa Sarchí de *Coffea arabica* (en línea). Documentos IAC, Campinas, Brasil. (84), p. 20. Recuperado de: [http://www.iac.sp.gov.br/publicacoes/publicacoes\\_online/pdf/doc84.pdf](http://www.iac.sp.gov.br/publicacoes/publicacoes_online/pdf/doc84.pdf)

Caillaud, M., Dubreiuill, G., Quentin, M., Perfus, L., Lecomte, P., de Almeida, J., Abd, P., Rosso, M. y Favery, B. (2008). Root-knot nematodes manipulate plant cell functions during a compatible interaction. *Journal of Plant Physiology*, 165(1), 104-113. DOI: 10.1016/j.jplph.2007.05.007

Calderón, K. (2017). Información sobre la precipitación de la Estación climática Tegucigalpa, Itiquis (correo electrónico). San José, Costa Rica, IMN.

Camacho, R. (1991). Reacción de tres selecciones de batata a diferentes niveles poblacionales del nematodo *Meloidogyne incognita*. (Tesis de pregrado). Maracay, Ecuador, Universidad Central de Ecuador.

Cepeda-Siller, M. (Ed.). (1996). Nematología agrícola. México, D.F.: Trillas, 1-290.

Davis, R. y May, O. (2003). Relationships Between Tolerance and Resistance to *Meloidogyne incognita* in Cotton. *Journal of Nematology*, 35(4), 411-416. Recuperado de: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2620686/pdf/411.pdf>

De Lima-Salgado, S. M. y Costa de Rezende, J. (2010). Manejo de Fitonematóides em Cafeeiro. In Rebelles-Reis, P. y Luz da Cunha, R. Café Arábica: do plantio a colheita. Minas Gerais, Brasil: Empresa de Pesquisa Agropecuaria de Minas Gerais (EPAMIG), (1), 757-804.

Di Vito, M., Crozzoli, R. y Vovlas, N. (2000). Pathogenicity of *Meloidogyne exigua* on Coffee (*Coffea arabica* L.) in post. *Nematropica*, 30(1), 55-61. Recuperado de: [https://www.researchgate.net/publication/278686587\\_Pathogenicity\\_of\\_Meloidogyn\\_e\\_exigua\\_on\\_coffee\\_Coffea\\_arabica\\_L\\_in\\_pots](https://www.researchgate.net/publication/278686587_Pathogenicity_of_Meloidogyn_e_exigua_on_coffee_Coffea_arabica_L_in_pots)

- Durán, J. (2012). Diagnóstico, dinámica poblacional, caracterización bioquímica y molecular de nematodos noduladores (*Meloidogyne* spp.) en cultivos tropicales de Costa Rica. San Carlos, Costa Rica, Instituto Tecnológico de Costa Rica Vicerrectoría de Investigación y Extensión. 1-38. Recuperado de: <https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/6276/diagn%c3%b3stico-din%c3%a1mica%20poblacional-nematodos-nodulares.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Elling, A. (2013). Major Emerging Problems with Minor *Meloidogyne* Species (en línea). *Phytopathology*, 103(11), 1092-1102. Recuperado de: <https://apsjournals.apsnet.org/doi/pdfplus/10.1094/PHYTO-01-13-0019-RVW>
- Ferreira, I. (1995). Efectos del nematodo agallador *Meloidogyne exigua* sobre el crecimiento de plantas de café en vivero. *Nematologia Mediterranea*, 23(2), 325-328. Recuperado de: <https://journals.flvc.org/nemamedi/article/view/63276>
- Fontana, L., Adelaiye, R., Rastelli, A., Miles, K., Ciamporcero, E., Longo, V., Nguyen, H., Vessella, R. y Pili, R. (2013). Dietary protein restriction inhibits tumor growth in human xenograft models of prostate and breast cancer. *Oncotarget*, 4(12), 2451-2461. Recuperado de: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3926840/pdf/oncotarget-04-2451.pdf>
- García, J. (2012). Densidad y diversidad de nematodos en sistemas agroforestales de café en asocio con bananos y sombra de leguminosas en Jinoteca, Nicaragua. Tesis de Maestría. Turrialba, Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). 1-76. Recuperado de: <https://agritrop.cirad.fr/569573/>
- Gelpud, C., Mora, E. y Salazar, C. (2011). Susceptibilidad de genotipos de *Solanum* spp. al nematodo causante del nudo radical *Meloidogyne* spp. (chitwood). *Acta Agronómica*, 60(1), 50-67. Recuperado de: <http://www.scielo.org.co/pdf/acag/v60n1/v60n1a05.pdf>

- Goeldi, E. (1887). Relatorio sobre a molestia do cafeeiro na provincia do Rio de Janeiro. *Archivos do Museo Nacional*, (8), 7-123.
- Humphreys, D., Flores, L., Gómez, M., Salazar, L., Gómez, L., y Elling, A. (2014). *Meloidogyne lopezi* n. sp. (Nematoda Meloidogynidae) a new root-knot nematode associated with coffee (*Coffea arabica* L.) in Costa Rica, its diagnosis and phylogenetic relationship with other coffee-parasitising *Meloidogyne* species. *Nematology*, (16), 643-661. Recuperado de: [https://brill.com/view/journals/nemy/16/6/article-p643\\_2.xml](https://brill.com/view/journals/nemy/16/6/article-p643_2.xml)
- Hussey, R., y Williamson, V. (1998). Physiological and Molecular Aspects of Nematode Parasitism. In Barker K., Pederson G. y Windham G. (Eds.), Plant and Nematode Interactions. Estados Unidos de América. *Agronomy Monograph*, 87-108. Recuperado de: <https://access.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.2134/agronmonogr36.c5>
- Jaehn, A. (1990). Informe: Asesoría Sobre Nematodos de Café en el Área de Centroamérica. Turrialba, Costa Rica, IICA-PROMECAFE. 1-23.
- Jenkins, W. (1964). A rapid centrifugation-flotation technique for separating nematodes from soil. In This Week's Citation Classic (XLI, 1980, New Brunswick, Estados Unidos de América) New Jersey, Estados Unidos de América. *Plant Disease Report*, (48), 1-692. Recuperado de: <http://garfield.library.upenn.edu/classics1980/A1980KJ72900001.pdf>
- Kirkpatrick, T., Oosterhuis, D., y Wullschleger, S. (1991). Interaction of *Meloidogyne incognita* and Water Stress in Two Cotton Cultivars. *Journal of Nematology*, (23), 462-467. Recuperado de: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2619190/pdf/462.pdf>
- López, R. (1984). Differential plant responses and morphometrics of some *Meloidogyne* spp. from Costa Rica Turrialba 34(4), 445-458

- López, R. y Salazar, L. (1989). *Meloidogyne arabicida* sp. n. (Nemata: Heteroderidae) nativo de Costa Rica: un nuevo y severo patógeno del cafeto. *Turrialba*, (39), 313-323.
- Luc, M., Sikora, R. y Bridge, J. (eds.). (1990). Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture. Wallingford, Inglaterra, CAB International. 1-62.
- Monroig, M. (2015). *Situación Mundial del Café*. Presentación PowerPoint. Recuperado de: [https://academic.uprm.edu/mmonroig/HTMLobj-1673/Situaci\\_n\\_Mundial\\_del\\_Caf\\_2015.pdf](https://academic.uprm.edu/mmonroig/HTMLobj-1673/Situaci_n_Mundial_del_Caf_2015.pdf)
- Peraza, W. y Orozco, M. (2018). Evaluación de arvenses como hospedantes alternos de nematodos fitoparásitos en cafetales de Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana*, 29(1), 1-14. Recuperado de: [https://www.researchgate.net/publication/323417903\\_Evaluacion\\_de\\_arvenses\\_como\\_hospedantes\\_alternos\\_de\\_nematodos\\_fitoparasitos\\_en\\_cafetales\\_en\\_Costa\\_Rica](https://www.researchgate.net/publication/323417903_Evaluacion_de_arvenses_como_hospedantes_alternos_de_nematodos_fitoparasitos_en_cafetales_en_Costa_Rica)
- Quijano, J. (2007). *Variedad Cuscatleco*. Santa Tecla, El Salvador: Fundación Salvadoreña para investigaciones del café (PROCAFE). Recuperado de: [www.gensa.com.sv/pdf/Cafe\\_Cuscatleco.pdf](http://www.gensa.com.sv/pdf/Cafe_Cuscatleco.pdf)
- Ramírez, J. (2017). Características de los Principales Grupos de Variedades de Porte Bajo con Resistencia a la Roya del Cafeto. *Comunicaciones Técnicas de Café*, (74). Recuperado de: <http://www.ramirezcaficulturadesdecostarica.com/ct-74>
- Rodríguez, L. (2011). Efeito Do Extracto de Capeba *Pothomorphe umbellata* (L.) MIQ. Na Mobilidade de Juvenis de Segundo Estadio de *Meloidogyne exigua*. Tesis Grado. Muzambinho, Brasil, Instituto Federal De Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – Campus Muzambinho. 37 p.
- Rojas, M. y Salazar, L. (2013). Densidad crítica de *Meloidogyne exigua* en plantas de almácigo de café variedad Caturra. *Agronomía Costarricense*, 37(2), 115-123. Recuperado de: <https://www.scielo.sa.cr/pdf/ac/v37n2/a10v37n2.pdf>

- Salgado, M., Oliveira, L., Silva, R. y Campos, V. (2008). Aspectos importantes dos fitonematóides do cafeeiro. *Informe Agropecuária*, 29(247), 42-50.
- Sandoval-Pillajo, A. M. y Lomas-Arias, L. J. (2007). Incidencia, Severidad, Rango de Hospederos y Especie de Nematodo del Rosario de la Raíz (*Nacobus* sp.) en el Cultivo de Tomate de Mesa (*Lycopersicon esculentum* L.) en el Valle del Chota y Pimampiro. Tesis de Ingeniero Agropecuario, Escuela de Ingeniería Agropecuaria, Universidad Técnica del Norte. Ibarra, Ecuador. Recuperado de: <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/189/2/03%20AGP%2042%20TESIS%20COMPLETA.pdf>
- Sañudo, B. y Betancourth, C. (2005). Fundamentos de Fitomejoramiento. Pasto, Colombia, Editorial Universitaria, Universidad de Nariño. 150 p.
- Sañudo, B., Betancourth, C. y Salazar, C. (2003). Principios de Nematología Agrícola. Pasto, Colombia, Editorial Universitaria, Universidad de Nariño. 1-65
- Sharma, A., Haseeb, A. y Abuzar, S. (2006). Screening of field pea (*Pisum sativum*) selections for their reactions to root knot nematode (*Meloidogyne incognita*). *Journal of Zhejiang University SCIENCE B*, 7(3), 209-214. Recuperado de: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1419065/pdf/JZUSB07-0209.pdf>
- Souza, R. (Ed.). (2008). Plant-Parasitic Nematodes of Coffee. Brazil, Springer. 1-340. Recuperado de: <https://www.springer.com/gp/book/9781402087196>
- Taylor A., y Loegering, W. (1953). Nematodes associated with root lesions in abacá. *Turrialba*, 3(2), 8-13.
- Taylor, A. y Sasser, J. (1983). Biología, identificación y control de los nematodos del nudo de la raíz: (Especies de *Meloidogyne*). Raleigh, North Carolina, Estados Unidos de América, North Carolina State University Graphics.
- Villain, L., Sarah, J., Hernández, A., Bertrand, B., Anthony, F., Lashermes, P., Charmetant, P., Anzueto, F., y Dechechi, R. (2013). Diversity of root- knot



nematodes parasitizing coffee in Central America. *Nematropica*, (43), 194-206.

Recuperado de: <https://journals.flvc.org/nematropica/article/view/82708>