

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO

EVALUACION DE LA INTERACCION ENTRE GENOTIPOS DE
Meloidogyne exigua GOELDI, 1887 Y *Coffea* SPP.

Tesis sometida a la consideración de la Comisión del Programa Conjunto de Estudios de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales de la Universidad de Costa Rica y el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, para optar el grado de

Magister Scientiae

Por

NIDIA MARIA MORERA GONZALEZ

CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA
DEPARTAMENTO DE PRODUCCION VEGETAL
Turrialba, Costa Rica
1986

DEDICATORIA

A mis padres, Ruperto Morera (q.d.D.g.)
y Elsie González, a quienes debo
gran parte de lo que soy.

A mis hermanos y sobrinos,
por su cariño y apoyo.

A "La Vida" por todo
lo que me ha dado

AGRADECIMIENTOS

Deseo dejar constancia de mi sincero agradecimiento a las siguientes personas e instituciones:

Al Dr. Róger López Ch., Consejero Principal, por su acertada guía en el desarrollo de este trabajo, por el estímulo y la amistad que me brindó.

Al Ing. Jorge H. Echeverri, M. Sc., al Dr. José Fargas, al Ing. Luis A. Salas, M. Sc. y al Dr. José F. DiStefano, por su ayuda en la revisión del original de este escrito y por sus valiosas sugerencias.

Al proyecto FIDA y al PROMECAFE, por su apoyo económico que permitió la realización de mis estudios y de esta investigación.

Al personal del Laboratorio de Fisiología Vegetal y del PROMECAFE por su gran cooperación en la ejecución del trabajo.

Al personal de la Oficina de Posgrado, de la Biblioteca Conmemorativa Orton y del Comedor, por las atenciones brindadas.

A María Mayela Alvarado, por su amistad y eficiente labor mecanográfica.

A Dora, Irma, Marlen y Wilbert, por los momentos compartidos, por su sincera amistad y por el apoyo desinteresado que me han dado en todo momento.

A todas aquellas personas del CATIE que con su ayuda y amistad han hecho muy agradable mi estadía en este Centro.

BIOGRAFIA

La autora nació en la ciudad de Cartago, provincia del mismo nombre, Costa Rica, en diciembre de 1958.

Realizó sus estudios primarios en la Escuela "Julio Peña M." y los secundarios en el Liceo "León Cortés C.". En 1982 se egresó de la Escuela de Fitotecnia en la Facultad de Agronomía de la Universidad de Costa Rica.

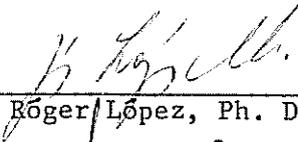
Ingresó al Programa de Estudios de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales UCR-CATIE en marzo de 1983, para graduarse de *Magister Scientiae* en mayo de 1986.

Actualmente forma parte del personal del PROMECAFE, CATIE, en Turrialba, Costa Rica.

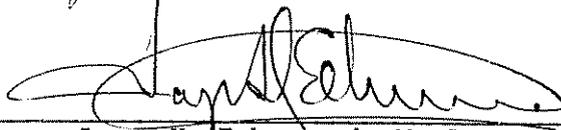
Esta tesis ha sido aceptada en su forma presente por la
Comisión de Estudios de Posgrado del Programa Conjunto UCR/CATIE
como requisito parcial para optar al grado de

Magister Scientiae

JURADO:



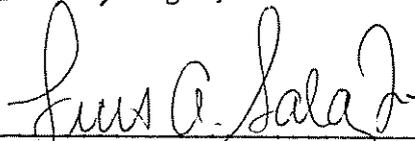
Róger López, Ph. D. Profesor Consejero



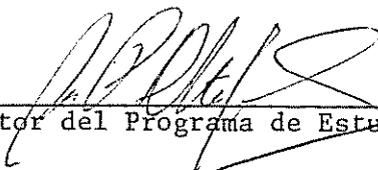
Jorge H. Echeverri, M. Sc. Miembro del Comité



José Fargas, Ph. D. Miembro del Comité



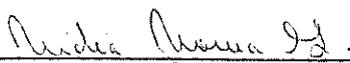
Luis A. Salas, M. Sc. Miembro del Comité



Director del Programa de Estudios de Posgrado



Decano Sistema de Estudios de Posgrado



Nidia María Morera González
Candidato

CONTENIDO

	Página
RESUMEN.....	viii
SUMMARY.....	x
LISTA DE CUADROS.....	xii
LISTA DE FIGURAS.....	xiv
1. INTRODUCCION.....	1
2. REVISION DE LITERATURA.....	3
2:1 <i>Meloidogyne exigua</i> en cafeto.....	3
2.1.1 Ciclo de vida.....	3
2.1.2 Sintomatología.....	4
2.1.2.1 Síntomas primarios.....	4
2.1.2.2 Síntomas secundarios.....	5
2.1.3 Razas.....	7
2.2 Resistencia.....	9
2.2.1 Estudios de resistencia.....	12
2.2.1.1 <i>C. arabica</i>	12
2.2.1.2 <i>C. canephora</i>	13
2.2.1.3 Otras especies.....	13
2.2.1.4 Híbridos.....	14
3. MATERIALES Y METODOS.....	18
3.1 Evaluación de la virulencia de tres poblaciones de <i>M. exigua</i> en cafeto, cv 'Catuaí'.....	18
3.1.1 Prácticas culturales.....	21
3.2 Respuesta de seis cultivares de <i>Coffea</i> spp. a la inoculación con <i>M. exigua</i>	22
3.2.1 Prácticas culturales.....	23
4. RESULTADOS.....	24
4.1 Evaluación de la virulencia de tres poblaciones <i>M. exigua</i>	24
4.2 Respuesta de seis cultivares de <i>Coffea</i> spp. a la inoculación de <i>M. exigua</i>	29

5. DISCUSION.....	36
5.1 Efecto de <i>M. exigua</i> sobre el desarrollo de las plantas...	36
5.2 Revisión de la metodología para evaluar la reacción del cafeto a <i>M. exigua</i>	37
5.3 Evaluación de la virulencia de tres poblaciones de <i>M.</i> <i>exigua</i>	39
5.4 Respuesta de seis cultivares de <i>Coffea</i> spp. a la inocula- ción con <i>M. exigua</i>	40
6. CONCLUSIONES.....	44
7. LITERATURA CITADA.....	46
8. APENDICE.....	52

RESUMEN

EVALUACION DE LA INTEGRACION ENTRE GENOTIPOS DE *Meloidogyne exigua* Goeldi, 1887 y *Coffea* spp.

Bajo condiciones de invernadero se estudió el desarrollo y reproducción de tres poblaciones de *Meloidogyne exigua* en un cultivar susceptible de cafeto (*Coffea arabica*) y la reacción de seis genotipos de *Coffea* a la inoculación con una población de esta especie de nematodo. En la primera prueba se inoculó plántulas del cultivar 'Catuai T5267' con 15000 huevos y/o segundos estadios juveniles (J2) de cada una de tres poblaciones de *M. exigua* colectadas en San Luis de Santo Domingo, provincia de Heredia (SL), La Isabel de Turrialba, provincia de Cartago (LI) y Sarchí de Valverde Vega, provincia de Alajuela (S), Costa Rica, respectivamente. Cuarenta días después de la inoculación se encontró que el número de agallas/planta y el diámetro de éstas fueron significativamente mayores en las plantas inoculadas con la población S que en aquellas inoculadas con la SL, mientras que las inoculadas con LI tuvieron valores intermedios. No hubo diferencias significativas entre poblaciones en cuanto al número de nematodos/agalla, el número de J2/agalla y el número de huevos/planta. Ochenta días después de la inoculación se encontró que en las plantas inoculadas con las poblaciones S y LI hubo un número de agallas/planta, número de nematodos/agalla y un número de J2/agalla significativamente mayor que en las inoculadas con la población SL. La población S causó la formación de agallas radiculares con el mayor diámetro y la mayor cantidad de huevos/planta. No hubo diferencias significativas entre poblaciones en cuanto al número de hembras/agalla. La tasa de reproducción de población LI fue la mayor, aunque no fue estadísticamente diferente de la alcanzada por las otras dos poblaciones. En

ninguna evaluación se encontró diferencias significativas entre poblaciones en la altura de las plantas, el peso seco aéreo, el peso fresco de las raíces y el área foliar.

En la segunda prueba se inoculó la población S en plántulas de *C. arabica*, cv. 'Catuai T5267', 'Anfillo T3824' y 'Villa Sarchí T3035', de *C. canaphora*, cv. 'Robusta T3759' y de los híbridos entre estas dos especies 'Catimor T8663' y 'Sarchimor T5296'. Basados en el grado de reproducción de la población de *M. exigua* en ellos, 80 días después de la inoculación, se clasificó a los cultivares 'Catimor T8663', 'Villa Sarchí T3035' y 'Catuai T5267' como susceptibles, al 'Anfillo T3824' como moderadamente resistente y al 'Sarchimor T5296' y al 'Robusta T3759' como resistentes al ataque de este nematodo.

Palabras claves: cafeto, cultivares, *Meloidogyne exigua*, nematodos formadores de agallas, resistencia.

SUMMARY

EVALUATION OF THE INTERACTION BETWEEN *Meloidogyne exigua* Goeldi, 1887 AND *Coffea* spp. GENOTYPES

The development and reproduction of three *Meloidogyne exigua* populations on a susceptible coffee (*Coffea arabica*) cultivar and the reaction of six *Coffea* spp. genotypes to the inoculation with one population of this nematode species were evaluated under greenhouse conditions. In the first test, 'Catuai T5267' plants evaluated under greenhouse conditions. In the first test, 'Catuai T5267' plants were inoculated with 15,000 eggs and/or second-stage juveniles (J2) of each one of three *M. exigua* populations, collected in San Luis de Santo Domingo, Heredia province (SL), La Isabel de Turrialba, Cartago province (LI) and Sarchí de Valverde Vega, Alajuela province (S), Costa Rica, respectively. Forty days after inoculation the plants inoculated with S had significantly higher numbers of galls/plant and gall diameter than those inoculated with SL; plants inoculated with LI had intermediate values. No significant differences among populations were found regarding number of nematodes/gall, number of J2/gall and number of eggs/plant. Eighty days after inoculation, plants inoculated with S and LI had significantly higher numbers of galls/plant, nematodes/gall and J2/gall than those inoculated with SL. Population S caused the formation of galls with significantly greater diameters and had the highest number of eggs/plant. No significant differences among populations were found in the number of females/gall. Population LI had the highest reproduction rate. No significant differences among populations were found in plant height, dry weight of the above-ground parts, fresh weight of roots and leaf area.

In the second test, the S population was inoculated on plants of *C. arabica*, cv. 'Catuai T5267', 'Anfillo T3824' and 'Villa Sarchi T3035', of *C. canephora*, cv. 'Robusta T3759' and of the hybrids between these two species 'Catimor T8663' and 'Sarchimor T5286'. Based on the degree of reproduction obtained by the *M. exigua* population 80 days after inoculation, the 'Catimor T8663', 'Villa Sarchi T3035' and 'Catuai T5267' were classified as susceptibles, 'Anfillo T3824' as moderately resistant and 'Sarchimor T5296' and 'Robusta T3759' as resistant to the attack of this nematode species.

Keywords: coffee, cultivars, *Meloidogyne exigua*, root-knot nematodes, resistance.

LISTA DE CUADROS

En el texto	Página	
Cuadro N°		
1	Características físicas de las mezclas de arena y suelo (2:1, v/v) utilizadas para evaluar la interacción entre genotipos de <i>Meloidogyne exigua</i> y <i>Coffea</i> spp.....	19
2	Promedios y coeficientes de variación de las variables evaluadas en plántulas de <i>Coffea arabica</i> cv. Catuaí T5267, cuarenta días después de su inoculación con tres poblaciones de <i>Meloidogyne exigua</i>	25
3	Promedios y coeficientes de variación de las variables evaluadas en plántulas de <i>Coffea arabica</i> cv. Catuaí T5267, ochenta días después de su inoculación con tres poblaciones de <i>Meloidogyne exigua</i>	27
4	Valores promedio y coeficientes de variación de plantas de seis cultivares de <i>Coffea</i> spp. inoculadas con <i>Meloidogyne exigua</i>	30
5	Valores promedio y coeficientes de variación de algunas variables evaluadas en seis cultivares de <i>Coffea</i> spp. inoculados con <i>Meloidogyne exigua</i>	31
6	Valores promedio de la interacción inóculo x cultivares en la evaluación de la respuesta de seis cultivares de <i>Coffea</i> spp. a la inoculación con <i>Meloidogyne exigua</i>	33
<u>En el apéndice</u>		
1A	Algunas características de los cultivares de <i>Coffea</i> spp. evaluados en la segunda prueba.....	53
2A	Cuadrados medios de las variables evaluadas en plántulas de <i>Coffea arabica</i> cv. Catuaí T5267, cuarenta días después de la inoculación con tres poblaciones de <i>Meloidogyne exigua</i>	54
3A	Cuadrados medios de las variables evaluadas en plántulas de <i>Coffea arabica</i> cv. Catuaí T5267, ochenta días después de su inoculación con tres poblaciones de <i>Meloidogyne exigua</i>	55

Cuadro N°		Página
4A	Matriz de correlación entre variables evaluadas 40 días después de la inoculación de plántulas de <i>Coffea arabica</i> cv. Catuaí T5267 con tres poblaciones de <i>Meloidogyne exigua</i>	56
5A	Matriz de correlación entre variables evaluadas 80 días después de la inoculación de plántulas de <i>Coffea arabica</i> cv. Catuaí T5267 con tres poblaciones de <i>Meloidogyne exigua</i>	57
6A	Cuadrados medios de las variables evaluadas en plántulas de seis cultivares de <i>Coffea</i> spp. con o sin inóculo de <i>Meloidogyne exigua</i>	58
7A	Matriz de correlación entre variables evaluadas en plántulas de seis cultivares de <i>Coffea</i> spp. con o sin inóculo de <i>Meloidogyne exigua</i>	59

LISTA DE FIGURAS

Figura N°		Página
1	Conceptos de eficacia como hospedante y de sensibilidad del hospedante en las relaciones planta-nematodo (tomado de Cook (18)).....	11
2	Respuesta de seis cultivares de <i>Coffea</i> spp. a la inoculación con <i>Meloidogyne exigua</i>	35

1. INTRODUCCION

La importancia de los nematodos como plagas del cafeto ha sido reconocida en los últimos años, cuando, a través de distintas investigaciones, se ha comprobado que son los responsables de cuantiosas pérdidas en este cultivo (17, 25, 40). Por ejemplo, Sasser (57) estimó que *Meloidogyne exigua* Goeldi, 1887 ocasiona pérdidas en rendimiento de un 10 por ciento en México, América Central y el Caribe, de un 24 por ciento en Brasil y de un 13 por ciento en otros países de América del Sur. Este efecto detrimental se debe a que los nematodos se alimentan de las raíces y afectan la absorción del agua y los nutrimentos que sostienen la vida del cafeto, lo cual causa una disminución en la producción de frutos (17). Además, facilitan la penetración en los tejidos de las raíces infectadas, de organismos causantes de enfermedades (17). Este problema se ve agravado por dos causas fundamentales: la naturaleza perenne del cultivo y el difícil combate de estos parásitos una vez que han infestado las raíces (59).

Entre los nematodos que atacan el cafeto, la especie *M. exigua* es la de mayor distribución geográfica, y la que más comúnmente se asocia a éste en los países de Centro y Sur América (25, 60). Se ha encontrado que la misma puede ocasionar la reducción del crecimiento de las plantas en el vivero y en el campo, así como pérdidas significativas en la producción (7, 8).

El carácter específico de la infección por nematodos, su diseminación lenta, su persistencia en el suelo y los costos relativamente altos del combate químico, hacen que el desarrollo de cultivares resistentes y tolerantes de plantas importantes resulte atractivo desde el punto de vista económico (55). De hecho, este es el método recomendado para el café, por constituir la manera menos costosa y más eficaz de enfrentar los perjuicios ocasionados por los nematodos (24, 25). El paso inicial en estos trabajos de mejoramiento es la identificación de las posibles fuentes de resistencia, lo que exige un método uniforme y rápido para evaluar las especies o cultivares existentes, así como el producto de sus cruces (24, 41).

Dada la importancia de la especie *M. exigua* como parásito del café y de la resistencia como método para combatirla, se planeó este trabajo, cuyo objetivo general fue estudiar la interacción de genotipos de *M. exigua* y *Coffea* spp.

Los objetivos específicos fueron:

- a) Evaluar el desarrollo de tres poblaciones de *M. exigua* para detectar posibles diferencias entre ellas.
- b) Verificar la existencia de genes de resistencia a *M. exigua* en cultivares de café con diversos genotipos.
- c) Revisar la metodología descrita por G. B. Bolívar (14) para evaluar la reacción del café a *M. exigua*.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1 *Meloidogyne exigua* en cafeto

2.1.1 Ciclo de vida

Baeza, citado por Villalba *et al.* (61) estudió el ciclo de vida de *M. exigua* en *C. arabica* cv. 'Caturra' y determinó que la duración del mismo, para las condiciones en que se efectuó la investigación, fue de 58 a 62 días.

El estado de huevo es el más resistente a las condiciones ambientales adversas (40) y eclosiona cuando el segundo estadio juvenil se ha desarrollado (15). El mismo ocurre libre en el suelo y su movimiento, antes de penetrar las raíces, es la única migración activa de estos nematodos (15). Penetra la raíz con su estilete y migra inter e intracelularmente hacia el interior de la raíz (36, 46). Al cabo de un corto tiempo se encuentra rodeado por las células gigantes que forman, junto con el crecimiento del nematodo, una agalla pequeña y elongada, que se localiza en el extremo de la raíz (46). Después de algunas mudas de cutícula, alcanzan el estado de adulto (36).

Mendes *et al.* (46) efectuaron observaciones histológicas de raíces parasitadas por *M. exigua* y encontraron que era muy común la presencia de más de una hembra en el interior de una misma agalla. Las mismas depositaron los huevos dentro del tejido cortical, envueltos en una sustancia gelatinosa; rara vez los depositaron fuera de la raíz (46, 48).

No todas las plantas parasitadas desarrollan agallas, pero las mismas pueden ocurrir en plantas donde el nematodo es incapaz de establecerse o reproducirse; además su tamaño no está relacionado con la producción de huevos por la hembra. Dado ésto, Mendes *et al.* (46) sugirieron no utilizar aisladamente la presencia y el tamaño de las agallas para evaluar el grado de resistencia de las plantas a especies de *Meloidogyne* sino considerar la producción de huevos como un mejor índice. Anotan esos autores que la manera más eficaz de medir resistencia sería a través de la interacción hospedante-patógeno, la cual podría ser evaluada con parámetros como la ausencia o malformación de sincitios, una reducida producción de huevos y la muerte de los estadios juveniles o su retraso en alcanzar el estado adulto.

2.1.2 Sintomatología

2.1.2.1 Síntomas primarios

La formación de agallas es un síntoma típico del ataque de los nematodos del género *Meloidogyne*, pero en el caso de *M. exigua* en cafeto muchas veces no ocurre tal cosa (40). En estas circunstancias, las hembras rompen las superficies radicales, sobresalen de la raíz y pueden ser vistas como cuerpos blancuzcos globulares con masas de huevos amarillentas o parduzcas (15); también pueden observarse deformaciones de la corteza debido al crecimiento anormal de los tejidos de esta región (46).

Cuando se desarrollan agallas las mismas se localizan, casi siempre, en los extremos de las raíces laterales (10, 31, 40, 46); son pequeñas

y del mismo color de la raíz (10, 31, 46). Es factible encontrar agallas evidentes en la raíz pivotante cuando la semilla o las plántulas se siembran en un suelo muy infestado por el nematodo (10, 31).

Estos efectos conducen a que el sistema radical, en general, sea reducido (17, 32, 40, 51).

2.1.2.2 Síntomas secundarios

La capacidad de absorción de las raíces infestadas se ve reducida, por lo que se desarrollan síntomas similares a los de falta de nutrimentos (31, 51, 53); por ejemplo, se ha observado que los árboles afectados muestran una mayor tendencia a desarrollar síntomas de deficiencia de zinc y nitrógeno en sus hojas y ramas (40). Como resultado de esto la planta es menos desarrollada, más amarillenta y sensible a las condiciones climáticas adversas (10, 12, 17, 40). En algunos casos se ha observado una caída prematura de las hojas (40, 53).

Gonçalvez (31) encontró que, partiendo de una plantación nueva y sana, los primeros síntomas visibles aparecían, generalmente, entre el primer y segundo año después del trasplante al campo; si las plantas resistían este período crítico, al cuarto o quinto año los síntomas y daños aparentes eran pronunciados. Otros autores (31, 32, 50) han anotado que los daños visibles pueden desaparecer con el crecimiento y que hasta puede haber respuesta a la aplicación de fertilizante, pero que eventualmente se manifiestan como una baja producción y calidad de los frutos y una corta vida de las plantaciones.

Existen algunos trabajos específicos en los que se ha medido el efecto de *M. exigua* sobre la absorción de nutrimentos.

Dos Santos *et al.* (54) estudiaron el efecto de densidades crecientes de inóculo sobre la absorción y traslocación de N, P, K, Ca y Mg. Ellos encontraron evidencias de que este nematodo reduce significativamente la absorción de nitrógeno y de calcio a medida que aumenta la densidad de inóculo. Lo mismo ocurrió con el crecimiento de las plantas y el peso seco de las raíces.

Boneti *et al.* (15) efectuaron un trabajo similar al anterior, pero estudiaron el efecto de *M. exigua* sobre la absorción de micronutrientes (Zn, Cu, Fe, Mn y B) y sobre el vigor de las plantas. Ellos encontraron que las plantas infectadas con la mayor densidad de inóculo tenían los menores contenidos de microelementos y que se observaban alteraciones aún con las densidades bajas. El peso seco de las raíces se redujo en un 47 por ciento con las densidades más altas; las plantas poseían sistemas radicales desprovistos de pelos absorbentes. El peso seco de la parte aérea y la altura de las plantas también fueron reducidas por el parasitismo del nematodo.

Macedo *et al.* (42) evaluaron el efecto de la interacción entre este nematodo con dos tipos de suelo y tres niveles de fertilización en un almácigo de café de un año de edad. Cuando se abonó suficientemente no se observó efecto del nematodo sobre las plantas. Con los otros niveles de fertilización se notó un fuerte efecto depresivo del nematodo sobre las

cantidades de Zn y B de las plantas sembradas en el suelo arenoso y en las de Zn para las sembradas en suelo arcilloso. Las plantas infectadas, provenientes del suelo arenoso, presentaron cantidades más elevadas de Mn que las plantas sanas.

En general, todos estos efectos conducen a una disminución en la producción, aunque existen muy pocos estudios enfocados en ese sentido. Arruda (7, 8) y Arruda y Reiss (9) efectuaron varios trabajos dando seguimiento al efecto del nematodo desde la siembra hasta las dos primeras cosechas. Ellos encontraron que el efecto primario era la disminución en crecimiento de las plantas inoculadas, el cual fue de un 30 por ciento para la medida efectuada a los cinco meses. Esta diferencia de crecimiento se mantuvo durante el primer año en el campo, así como el evidente mayor vigor vegetativo de las plantas no inoculadas. Posteriormente, al medir y comparar las dos primeras cosechas, obtuvieron que las plantas no inoculadas produjeron el doble que las inoculadas.

2.1.3 Razas

Sasser (56) define las razas, biotipos o patotipos de nematodos como aquellas poblaciones dentro de una especie que son morfológicamente indistinguibles y que reaccionan diferentemente sobre una planta dada. Esta definición surge de una serie de trabajos en los que se estudió la reacción de varias especies vegetales ante poblaciones de una misma especie de nematodo con distintas procedencias. Por ejemplo, este mismo autor (55) estudió el comportamiento de 85 poblaciones de *Meloidogyne* spp. entre las que habían dos de *M. exigua*, y encontró

diferencias cuantitativas en el grado de virulencia entre las especies y entre las poblaciones de ciertas especies. *M. exigua* fue altamente virulenta en Chile y sandía y fue la única que se reprodujo en café. Dada esta variación, Sasser (56) propone que el progreso en el entendimiento del género *Meloidogyne* podrá ser más rápido si se estudian poblaciones provenientes de regiones geográficas ampliamente separadas.

Los cambios en virulencia o el desarrollo de nuevas razas ocurre algunas veces, cuando los cultivares resistentes son sembrados repetidamente en suelo infestado (56). Tal hecho reduce su utilidad y hace evidente la necesidad de que el fitomejorador tenga un buen conocimiento de la variación patogénica entre y dentro de las especies de *Meloidogyne* y de que se busque una base más amplia de resistencia (56).

Existe una fuerte evidencia de que *M. exigua* posee razas fisiológicas. Curi *et al.* (20) efectuaron observaciones en cafetales de Brasil infectados por distintas poblaciones de ese nematodo y obtuvieron que una de ellas inducía la formación de agallas bien desarrolladas o fuertes engrosamientos en las raíces, y que constituía un problema en cafetales nuevos. Las otras dos poblaciones no indujeron agallas, pero una de ellas produjo rajaduras y hendiduras en las raíces de mayor diámetro, por lo que resultó más nociva que las otras dos.

Machado (43) observó dos poblaciones de *M. exigua* en Brasil, que mostraban diferencias en virulencia. Las plantas de cafeto atacadas por una de éstas presentaban raíces bastante ramificadas, con muchas agallas

de diámetro pequeño. La otra población indujo sistemas radicales poco ramificados sin agallas; las raíces se tornaron quebradizas, presentaban necrosis y desprendimiento cortical. Posteriormente, este autor junto con Lordello (44) realizaron pruebas de electroforesis con esas dos poblaciones y encontraron que las mismas diferían en su composición proteica.

López (37, 38) trabajó con poblaciones recolectadas en dos localidades de Costa Rica y encontró que una de ellas se reprodujo poco en tomate, mientras que la otra se reprodujo muy bien en este hospedante. Notó, además, algunas diferencias morfológicas entre los machos de ambas poblaciones, así como distintos patrones enzimáticos (38, 39).

Estas evidencias llevaron a los autores (38, 44) a concluir que tales poblaciones son fisiológica y genéticamente diferentes.

2.2 Resistencia

La utilización de material resistente representa la manera más adecuada de combatir los nematodos en el cafeto, y resulta eficaz solamente si se lleva a cabo de modo sistemático y continuo, con resultados a largo plazo (16, 25).

La identificación de fuentes de resistencia es la primera etapa a alcanzar, con el fin de que, posteriormente, sean establecidos programas que busquen obtener plantas de valor económico con resistencia al parásito (25). Este trabajo requiere de un método uniforme que, a su vez,

pueda realizarse de manera rápida y rutinaria (24, 41). Con este objetivo Bolívar (14) evaluó varios aspectos que se consideran dentro de ese tipo de estudios y concluyó que el sustrato que debe utilizarse es la arena pura; también encontró que como fuente de inóculo pueden emplearse suspensiones de segundos estadios juveniles provenientes de 20 g de raíces, 15.000 huevos ó 13 g de raíces trituradas por planta, y que el período más adecuado para evaluar el daño en la planta, después de la inoculación, es de 75 días.

También es muy importante el establecer definiciones claras para los conceptos que se emplean en estos trabajos. Por ejemplo Wingard, citado por Rohde (52), define la resistencia como la habilidad de una planta para resistir, oponer, disminuir o sobrellevar el ataque de un patógeno, pero los nematólogos enfatizan sobre el desarrollo de las poblaciones de nematodos, dándole una atención secundaria al daño del hospedante (52). Consideran, entonces, que una planta resistente es aquella en la cual los nematodos se reproducen pobremente y una planta tolerante es la que muestra poco daño, aún bajo el ataque de grandes poblaciones de nematodos (52, 58). Por lo tanto, una planta susceptible es la que permite la reproducción de los nematodos y una intolerante es aquella que muestra daño aún bajo el ataque de pequeñas poblaciones de dichos organismos (47), o sea que la reacción de resistencia resulta de la combinación particular hospedante-nematodo. La Figura 1 representa una adaptación del trabajo de Cook (18), la cual proporciona una caracterización diagramática de las relaciones hospedante-nematodo en términos de los conceptos de resistencia y tolerancia. Las variables en este diagrama son: eficacia como hospedante, que mide el grado de reproducción del nematodo y sensibilidad del hospedante, como

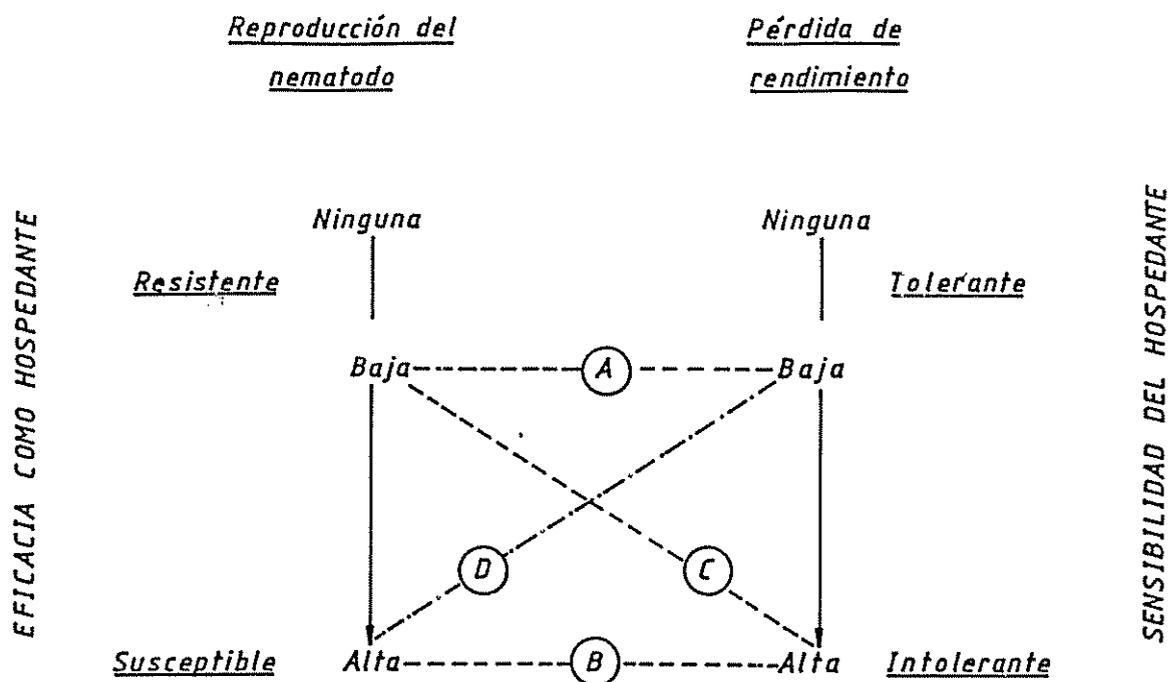


Figura 1. Conceptos de eficacia como hospedante y de sensibilidad del hospedante en las relaciones planta-nematodo (tomado de Cook (18)).

- A. cultivar que posee un gen que evita el desarrollo de la hembra por lo que hay poca reproducción y además sufre poco daño.
- B. cultivar que permite la reproducción y sufre daño.
- C. cultivar con un gen que evita la reproducción del nematodo pero sufre daño.
- D. cultivar tolerante que permite la reproducción del nematodo por lo que eventualmente, según la densidad, podría sufrir daño.

medida de la pérdida en rendimiento.

El rendimiento dependerá de la densidad inicial del nematodo, de la tasa de reproducción del mismo y de la sensibilidad inherente del hospedante; por lo tanto, el valor de un cultivar resistente depende de la interrelaciones del mecanismo de resistencia con la biología del hospedante y el nematodo (18).

2.2.1 Estudios de resistencia

2.2.1.1 *C. arabica*

La resistencia a *M. exigua* en germoplasma de *C. arabica* no es común, lo que dificulta el aislamiento de plantas resistentes al nematodo dentro de esa especie (25); sin embargo, existen algunos trabajos en los que se ha informado de cierta resistencia dentro de los materiales evaluados. Curi *et al.* (21) evaluaron todo el material del Instituto Biológico en Brasil, y encontraron que las muestras de los prefijos N 39-1129-7, Anfillo-1141-2, Dalle mixed-1150-2 y Barbuk Sudan-1171-26 presentaron una infección moderada y que la Tafari Kela-1161-9 fue la única que mostró una infección leve.

Fazuoli *et al.* (25) identificaron, en Riberão Preto, algunas líneas con posible resistencia a *M. exigua*. Esas fueron la Ennarea-1126-18, N 39-1129-30, Anfillo-1141-3 y Anfillo-1167-19.

El N 39 y el Anfillo presentaron plantas con resistencia en ambos experimentos, lo que los señala como material promisor para esta clase

de investigaciones (25).

Otro aspecto importante es que el Ennarea-1126-6 y los Anfillos-1167-9, 1167-15 y 1167-19, evaluados por Rebel y Fazuoli (50), también resultaron con resistencia a *M. incognita* (Kofoid y White, 1919) Chitwood, 1949.

2.2.1.2 *C. canephora*

Esta especie es una de las más estudiadas y de la que existen más informes sobre resistencia a *M. exigua* (19, 22, 27), lo que ha conducido a que la misma sea utilizada como patrón en injertos con varios cultivares de *C. arabica* y dentro de programas de transferencia del factor genético de resistencia (19, 21, 33, 45, 53). Su gran utilidad como portainjerto resulta del hecho de que, unido a su resistencia, presenta un sistema radical más desarrollo (22, 27, 53).

Algunos de los cultivares que han mostrado resistencia son el Kouillou, el Robusta, el Guarini, el Laurentii, el Kawisari y el Bukobensis (6, 19, 21, 27, 41).

2.2.1.3 Otras especies

Otras especies de *Coffea* que se han comportado como resistentes a *M. exigua* en distintas pruebas son *C. congensis*, *C. dewevrei*, *C. liberica*, *C. racemosa* y *C. eugenioides* (22, 26, 27). Las dos primeras poseen características que las hacen útiles como portainjertos de los cultivares de *C. arabica* (22, 26).

2.2.1.4 Híbridos

El hecho de que la resistencia a *M. exigua* en *C. canephora* sea tan común, ha motivado la evaluación de algunas selecciones originadas de cruces interespecíficos con *C. arabica*.

Fazuoli *et al.* (25) encontraron que las poblaciones derivadas de tales cruzamientos, por lo general, presentan una alta proporción de plantas con resistencia y que los retrocruces a *C. arabica* no muestran efectos desfavorables.

Se ha estudiado algunas poblaciones del Híbrido de Timor (híbrido natural) y del Icatú (híbrido artificial). Las poblaciones de Icatú, generalmente, presentan porcentajes apreciables de plantas con resistencia al nematodo y, además, suelen ser resistentes a algunas razas de *Hemileia vastatrix* (22, 25).

Fazuoli *et al.* (22, 23) encontraron que entre las progenies del Híbrido de Timor las de prefijos 1559-13 y 1559-7 parecen ser homocigotas para resistencia a *M. exigua*, ya que no presentan plantas susceptibles en la descendencia. Los híbridos F_1 de estos cafetos con diversos cultivares o combinaciones híbridas susceptibles de *C. arabica* fueron resistentes, lo que les permitió sugerir que la resistencia es de naturaleza dominante (23).

Fazuoli y Lordello (28) estudiaron la progenie 832/2 del Híbrido de Timor y obtuvieron que la misma segregó para resistencia a *M. exigua*, lo cual concuerda con lo obtenido por Ferreira y Araujo (30) quienes, al evaluar descendencias encontraron que el UFV* 358 (103/k 7 X 832/2 H. Timor) presentó un 66,6 por ciento de plantas resistentes, y que el UFV 421 (Caturra rojo X 832/2 H. Timor) resultó con sólo un 4,5 por ciento resistentes.

Araujo *et al.* (3) estudiaron gran parte de las progenies de las plantas seleccionadas en FEXCAFE, Brasil, derivadas directamente del Híbrido de Timor, así como algunas resultantes de la hibridación con ejemplares de ese híbrido natural. Los resultados obtenidos permitieron detectar plantas portadoras de resistencia a *M. exigua* en las siguientes introducciones: UFV 334, 358, 366, 368, 369, 374, 375, 376, 377, 378, 381, 382, 427, 445 y 446. En esta última casi todas las progenies exhibían plantas exentas de agallas, lo que les hizo concluir que eran homocigotas para el (los) factor (es) de resistencia. También confirmaron la resistencia de la introducción UFV 27, la cual es una población F_2 procedente de América Central y resultante de un híbrido entre Caturra amarillo e Híbrido de Timor (Catimor). Algunas de sus progenies han mostrado excelente comportamiento en lo que se refiere a conformación, vigor vegetativo y productividad, además de ser portadoras de resistencia a *H. vastatrix* (3, 4). Araujo *et al.* (5) obtuvieron resultados similares al evaluar híbridos F_1 de esta clase, los cuales, aparte de poseer

*UFV= número de registro de la Universidad Federal de Vicosa, Brasil.

resistencia simultánea a *M. exigua* y a *H. vastatrix*, se mostraron muy vigorosas, con bajo nivel de granos vanos y muy productivas. En este mismo estudio (5) confirmaron que el (los) factor (es) que determinan la resistencia a *M. exigua* son de naturaleza dominante.

El linaje LC 1669 procede del CIFIC*, Oeiras, Portugal, y corresponde a generaciones avanzadas del Sarchimor H 361/5 (híbrido entre Villa Sarchí X 832/2 H. Timor) (29). Fazuoli y Lordello (28) encontraron que tal linaje presenta resistencia a *M. exigua* pero aún segrega tal característica. Esto fue comprobado por Fazuoli *et al.* (29), quienes obtuvieron que la progenie LC 1669-31 presentó todas las plantas resistentes, sin embargo algunas de sus descendencias segregaron la resistencia. La progenie LC 1669-33 presentó plantas resistentes y susceptibles, al igual que sus descendencias. Concluyeron que tales resultados son indicadores de la homocigosidad del gen o genes que confieren resistencia al nematodo. Este linaje tiene otras dos ventajas: una producción razonable y resistencia al agente de la roya, aunque presenta el problema de que después de seis cosechas disminuye mucho su vigor (29).

Araujo y Ferreira (2) estudiaron un Cavimor, resultante del cruce entre Catuaí amarillo X UFV 2000 (Catimor), el cual mostró algunas plantas sin agallas. A raíz de esos datos propusieron que la progenie UFV 2000, al igual que la UFV 27, es portadora de resistencia a *M. exigua*, por lo que ambas progenies deben tener el mismo origen genético.

*CIFIC= Centro de Investigação das Ferrugens do Cafeeiro

C. arabica x *C. dewevrei*

Fazuoli *et al.* (25), al estudiar poblaciones derivadas de híbridos entre estas dos especies, encontraron que, a pesar de que la reacción de *C. dewevrei* indica resistencia generalizada en esa especie, las poblaciones híbridas perdieron casi completamente la resistencia a *M. exigua*, debido, probablemente, a que los cultivares de *C. arabica* utilizados eran bastante susceptibles. Sin embargo, se ha podido detectar cierta resistencia en el cultivar Piatán, el cual presentó una frecuencia aproximada de 40 por ciento de plantas resistentes en las pruebas de descendencias (1, 30).

3. MATERIALES Y METODOS

Se hizo dos pruebas durante 1985 en el invernadero de la sección de Fisiología Vegetal del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (C.A.T.I.E.), en Turrialba, Costa Rica. El CATIE está localizado a 83°30' de longitud Oeste y 9°53' de latitud Norte, a una altitud de 602 m.s.n.m.

En la primera, realizada de marzo a setiembre, se evaluó la virulencia de tres poblaciones de *M. exigua* en un cultivar susceptible de cafeto, mientras que en la segunda, realizada de julio a diciembre, se evaluó la respuesta de seis cultivares de cafeto a la inoculación con una población de esta especie de nematodo.

3.1 Evaluación de la virulencia de tres poblaciones de *M. exigua* en cafeto, cv. 'Catuai'.

En esta prueba se inoculó el cultivar mencionado con tres poblaciones de *M. exigua* de Costa Rica, colectadas en San Luis de Santo Domingo, provincia de Heredia, la primera; La Isabel de Turrialba; provincia de Cartago, la segunda; y Sarchí de Valverde Vega, provincia de Alajuela, la tercera. Estas poblaciones de nematodos fueron incrementadas y mantenidas en plantas de chile (*Capsicum annum* L.) cv. 'California Wonder'.

Las semillas de cafeto germinaron en arena esterilizada bajo condiciones de humedad y temperatura controladas (28 C y 95-100 por ciento H. R.). Cuando las plántulas llegaron al estado de "palito de fósforo"

fueron trasplantadas a bolsas de polietileno negro que contenían 1300 ml de una mezcla de arena y suelo (2:1, v/v), tratada previamente con calor a 200 C durante 24 horas. Los resultados del análisis físico de esta mezcla se presentan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Características físicas de las mezclas de arena y suelo (2:1, v/v) utilizadas para evaluar la interacción entre genotipos de *Meloidogyne exigua* y *Coffea* spp.

	Porcentaje			Textura
	Arena	Limo	Arcilla	
Primera prueba	82	10	8	Franco arenosa
Segunda prueba	84	8	8	Franco arenosa

Cuando las plántulas tenían su primer par de hojas verdaderas bien desarrolladas fueron inoculadas. El inóculo en cada caso estuvo constituido principalmente por huevos y unos pocos segundos estadios juveniles, en una densidad de aproximadamente 15 000 unidades de inóculo por planta. El mismo se obtuvo mediante la maceración de las raíces agalladas de chile durante 45 segundos en una licuadora. Posteriormente se pasó ese material a través de un juego de cribas superpuestas de 200 y 500 mallas. Los residuos retenidos en la criba de 200 mallas fueron lavados con abundante agua sobre la otra criba. El filtrado de la criba de 500 mallas fue suspendido en agua en un recipiente aforado y se hizo una estimación del número de huevos y segundos estadios juveniles extraídos en cinco alícuotas de un ml. Este estimado sirvió para determinar la cantidad total

de propágulos de cada población que fueron recuperados. Previamente a la inoculación se observó diseños perineales de las hembras, para lo cual se colocaron varias de ellas en un portaobjeto sobre una gota de agua, luego se cubrieron con un cubreobjetos y se observaron al microscopio; esto permitió corroborar la identidad de cada población.

Cada unidad experimental estuvo formada por dos plántulas y los tratamientos evaluados fueron:

- Inoculación con la población de San Luis
- Inoculación con la población de La Isabel
- Inoculación con la población de Sarchí
- Testigo sin inocular

Estos tratamientos se dispusieron en un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones.

Todos los datos obtenidos fueron sometidos a análisis de variancia y correlación. Los valores promedio de cada variable fueron comparados entre sí mediante la Prueba de Amplitud Múltiple de Duncan ($P= 0,05$).

Cuarenta y ochenta días después de la inoculación se hizo una evaluación de las siguientes variables:

- Altura de las plantas
- Peso seco de la parte aérea
- Peso fresco de las raíces
- Area foliar; para su determinación se utilizó la relación entre el

peso de un área conocida de papel y el peso del papel correspondiente al dibujo de las hojas de algunas plantas; paralelamente se midió el peso seco de dichas hojas para establecer el área foliar específica, con la que se calculó el área foliar de las plantas restantes.

- Número de agallas por planta
- Número de huevos recuperados por planta; extraídos según el método de Hussey y Backer (35).
- Diámetro de las agallas
- Número total de nematodos por agalla
- Número de hembras por agalla
- Número de juveniles por agalla
- Tasa de reproducción por planta; que se calculó según la fórmula:
 $TR = Pf/Pi$, en donde TR= tasa de reproducción; Pf= población final recuperada y Pi= población inicial que fue inoculada.

El diámetro de agallas, el número total de nematodos y el número de hembras y juveniles se evaluó en una muestra formada de 30 observaciones en cada tratamiento.

3.1.1 Prácticas culturales

Ocho días después de la inoculación se fertilizó cada plántula con 2,5 g de la fórmula 20-7-12-3-1,2. Dos semanas después se aplicó el fertilizante foliar Stimufol* (25-26-12-2) a razón de 1,35 g/litro.

*Nombre comercial del producto

Posteriormente, 13 días después, se aplicó al follaje una solución de sulfato de amonio (15,8 g/l), la que causó una leve quema en las hojas más jóvenes. Mensualmente, y en forma alterna, se aplicó los fungicidas óxido cuproso (1,45 g i.a/l) y captafol (1,92 g i.a/l) para el combate de enfermedades foliares. Las plantas fueron regadas semanalmente con 100 ml de agua.

3.2 Respuesta de seis cultivares de *Coffea* spp. a la inoculación con *M. exigua*.

En esta segunda prueba se evaluó la respuesta de los cultivares de *C. arabica* 'Catuaí', 'Anfillo' y 'Villa Sarchí', del cultivar de *C. canephora* 'Robusta' y de los híbridos 'Catimor' y 'Sarchimor' a la inoculación con la población de *M. exigua* proveniente de Sarchí de Valverde Vega. La escogencia de esta población de nematodos se hizo con base en los resultados obtenidos en la primera prueba, en la que se encontró que dicha población fue la más virulenta. El Cuadro 1A presenta algunas características de los cultivares evaluados.

La metodología empleada en esta prueba en cuanto a la siembra y la inoculación fue idéntica a la descrita en la primera prueba.

Se utilizó un arreglo de parcelas divididas sobre un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones, en el que las parcelas grandes estuvieron constituidas por los tratamientos testigo sin inocular y la inoculación con *M. exigua* y en las parcelas pequeñas se colocaron los seis cultivares.

Los datos obtenidos fueron sometidos a análisis de variancia y correlación, y los valores promedio de cada variable fueron comparadas entre sí mediante la Prueba de Amplitud Múltiple de Duncan ($P= 0,05$).

Ochenta días después de la inoculación se hizo la evaluación de las mismas variables, con la diferencia de que, dada la respuesta de los distintos cultivares, los estimados del diámetro de las agallas, el número total de nematodos por agalla y el número de hembras y juveniles por agalla tuvieron que ser hechos con base en el número presente en cada caso y no con 30 observaciones por parcela, como había sido hecho en la primera prueba.

3.2.1 Prácticas culturales

Las plantas fueron fertilizadas quincenalmente con 100 ml de la solución nutritiva Hoagland N° 2 (34), y asperjadas mensualmente con el fungicida benomil (0,5 g i.a/1) para el combate de enfermedades foliares. Semanalmente las plantas fueron regadas con 100 ml de agua.

4. RESULTADOS

4.1 Evaluación de la virulencia de tres poblaciones de *M. exigua*

El análisis de variancia de las variables evaluadas a los 40 días después de la inoculación se presenta en el Cuadro 2A. Se encontró significancia en cuanto a los tratamientos para las variables agallas por planta, diámetro de agalla, nematodos por agalla, hembras por agalla, juveniles por agalla y huevos por planta. No hubo significancia estadística para las demás variables analizadas. Las repeticiones resultaron sin diferencias estadísticas en todas las variables.

En el Cuadro 2 se presentan los valores promedios de las variables evaluadas 40 días después de la inoculación. Se encontró que el número de agallas por planta y el diámetro de las agallas fue significativamente mayor en plantas inoculadas con la población de Sarchí que en las inoculadas con la de San Luis, mientras que las inoculadas con la población de La Isabel tuvieron valores intermedios y estadísticamente iguales a los obtenidos con las otras dos. Las tres poblaciones difirieron significativamente del testigo sin inocular.

En cuanto al número de nematodos por agalla y juveniles por agalla, no hubo diferencia significativa alguna entre las poblaciones de nematodos, pero sí entre éstas y el testigo. El número de hembras por agalla fue significativamente mayor en plantas inoculadas con las poblaciones de Sarchí y La Isabel que con la de San Luis, con diferencias significativas con respecto al testigo.

Cuadro 2. Promedios y coeficientes de variación de las variables evaluadas en plántulas de Coffea arabica cv. Catuai T5267, cuarenta días después de su inoculación con tres poblaciones de Meloidogyne exigua.

	Testigo	Población de <u>Meloidogyne exigua</u>			C.V. %
		La Isabel	San Luis	Sarchí	
Altura (cm)	7,87 a*	8,04 a	7,82 a	7,90 a	4,7
Peso aéreo seco (g)	0,40 a	0,39 a	0,35 a	0,40 a	17,4
Peso fresco raíz (g)	0,61 a	0,69 a	0,64 a	0,67 a	17,1
Area foliar (dm ²)	0,88 a	0,87 a	0,78 a	0,89 a	17,5
Agallas/planta	0,00 c	32,55 ab	21,37 b	37,54 a	14,5
Diámetro agalla (mm)	0,00 c	1,45 ab	1,20 b	1,66 a	18,4
Nematodos/agalla	0,00 b	6,19 a	4,95 a	5,63 a	15,8
Hembras/agalla	0,00 c	2,59 a	1,29 b	2,71 a	14,8
Juveniles/agalla	0,00 b	3,21 a	3,54 a	2,82 a	27,2
Huevos/planta	0,00 b	676,02 a	178,78 ab	481,04 a	27,0
Tasa de reproducción	0,00 a	0,05 a	0,01 a	0,03 a	59,5

* Promedio de cuatro repeticiones. Diferencias entre promedios en una hilera seguidos por una misma letra son estadísticamente iguales según la Prueba de Amplitud Múltiple de Duncan (P= 0,05).

En lo referente al número de huevos por planta no hubo diferencia significativa entre poblaciones, ni entre la población de San Luis y el testigo sin inocular. Además, no se encontró diferencia significativa alguna entre tratamientos en cuanto a la altura de las plantas, el peso aéreo seco, el peso fresco de la raíz, el área foliar y la tasa de reproducción de los nematodos.

El análisis de variancia de las variables evaluadas a los 80 días después de la inoculación se presenta en el Cuadro 3A. Se encontró diferencias altamente significativas para los tratamientos en cuanto a las agallas por planta, el diámetro de agalla, los nematodos por agalla, el número de hembras y de juveniles por agalla y el número de huevos por planta. Las otras variables no presentaron significancia estadística entre tratamientos. Las repeticiones sólo resultaron con diferencias significativas en el peso aéreo seco, el peso fresco de raíz y el área foliar.

En el Cuadro 3 se presentan los resultados obtenidos en tal evaluación. En esta oportunidad se encontró que en plantas inoculadas con las poblaciones de Sarchí y La Isabel hubo un número de agallas por planta, nematodos por agalla y juveniles por agalla significativamente mayor que en las inoculadas con la población de San Luis o en el testigo; la diferencia entre estos dos últimos tratamientos también fue significativa. Todos los tratamientos difirieron significativamente entre sí en cuanto al diámetro de las agallas; la población de Sarchí tuvo el mayor promedio en esta variable.

Cuadro 3. Promedios y coeficientes de variación de las variables evaluadas en plántulas de Coffea arabica cv. Catuai T5267 ochenta días después de su inoculación con tres poblaciones de Meloidogyne exigua.

	Testigo	Población de <u>Meloidogyne exigua</u>			C.V. %
		La Isabel	San Luis	Sarchí	
Altura (cm)	7,97 a	8,60 a	8,77 a	8,69 a	8,6
Peso aéreo seco (g)	0,30 a	0,34 a	0,31 a	0,37 a	72,7
Peso fresco raíz (g)	0,87 a	1,04 a	1,14 a	1,11 a	29,0
Area foliar (dm ²)	0,87 a	1,00 a	0,91 a	1,08 a	72,8
Agallas/planta	0,00 c	63,10 a	32,11 b	71,44 a	18,0
Diámetro agalla (mm)	0,00 d	1,50 b	1,20 c	1,74 a	14,2
Nematodos/agalla	0,00 c	79,65 a	28,93 b	70,02 a	18,4
Hembras/agalla	0,00 b	2,24 a	1,47 a	2,04 a	12,7
Juveniles/agalla	0,00 c	77,27 a	27,34 b	67,94 a	19,0
Huevos/planta	0,00 c	370,52 bc	1445,02 ab	2234,05 a	16,4
Tasa de reproducción	0,00 b	0,03 ab	0,12 ab	0,15 b:	39,7

* Promedio de cuatro repeticiones. Diferencias entre promedios en una hilera seguidos por una misma letra son estadísticamente iguales según la Prueba de Amplitud Múltiple de Duncan (P= 0,05).

En cuanto al número de hembras por agalla, no hubo diferencias significativas entre poblaciones, pero éstas tuvieron valores significativamente mayores que el testigo. La población de Sarchí produjo una cantidad de huevos por planta significativamente mayor que el de La Isabel. La diferencia entre ésta última y la población de San Luis no fue significativa; el testigo fue significativamente diferente de las poblaciones de Sarchí y San Luis en esta variable.

En lo que respecta a la tasa de reproducción, sólo se obtuvo un valor significativamente mayor al testigo en plantas inoculadas con la población de Sarchí.

Al igual que en la primera evaluación, no hubo diferencias significativas entre tratamientos en la altura de las plantas, el peso aéreo seco, el peso fresco de la raíz y el área foliar.

En los Cuadros 4A y 5A se presentan las correlaciones obtenidas 40 y 80 días después de la inoculación, respectivamente. En ambos casos se encontró, que a excepción del área foliar y el peso aéreo seco, no hubo correlación alguna entre las variables del crecimiento de las plantas, ni entre éstas y las variables de reproducción de los nematodos.

El número de agallas por planta, nematodos por agalla, hembras por agalla, juveniles por agalla, huevos por planta y el diámetro de las agallas tuvieron correlaciones positivas y altamente significativas entre sí.

A los 40 días, la tasa de reproducción sólo correlacionó con el número de huevos por planta, mientras que 80 días después de la inoculación presentó correlaciones positivas con el número de agallas por planta, nematodos por agalla, juveniles por agalla, huevos por planta y diámetro de las agallas.

4.2. Respuesta de seis cultivares de *Coffea* spp. a la inoculación de *M. exigua*.

El análisis de variancia que se presenta en el Cuadro 6A muestra que el inóculo tuvo un efecto significativo sobre la altura de las plantas y el peso fresco de las raíces y sobre todas las variables de reproducción del nematodo. Este efecto se nota más evidentemente en el Cuadro 4, donde se presentan los valores promedio de las variables cuando se comparó las plantas testigo versus las plantas inoculadas con *M. exigua*. La inoculación incrementó la altura de las plantas y el peso fresco de las raíces. Lógicamente, todas las variables de reproducción del nematodo fueron significativamente mayores en las plantas inoculadas.

Los valores promedio de los tratamientos evaluados en las parcelas pequeñas (cultivares de *Coffea* spp.) se presentan en el Cuadro 5. En general, se encontró diferencias significativas entre cultivares en todas las variables evaluadas.

Los cultivares 'Robusta' y 'Sarchimor' tuvieron un número significativamente menor de agallas por planta, y fueron seguidos por los cultivares 'Catimor' y 'Anfillo', estadísticamente iguales entre sí; finalmente

Cuadro 4. Valores promedio y coeficientes de variación de plantas de seis cultivares de Coffea spp. inoculadas con Meloidogyne exigua.

	Testigo (sin inocular)	Inoculadas con <u>M. exigua</u>	C.V. %
Altura (cm)	10,71 a*	11,73 a	18,68
Peso aéreo seco (g)	0,74 a	0,74 a	57,31
Peso fresco raíz (g)	1,29 b	1,50 a	49,92
Area foliar (dm ²)	1,37 a	1,37 a	57,45
Agallas/planta	0,00 b	17,82 a	39,42
Diámetro agalla (mm)	0,00 b	0,76 a	55,71
Nematodos/agalla	0,00 b	28,94 a	69,18
Hembras/agalla	0,00 b	1,16 a	21,58
Juveniles/agalla	0,00 b	24,43 a	59,87
Huevos/planta	0,00 b	184,05 a	86,18
Tasa de reproducción	0,00 a	0,03 a	244,85

* Promedio de cuatro repeticiones. Diferencias entre promedios en una hilera seguidos por una misma letra son estadísticamente iguales de acuerdo con los resultados de la Prueba de Amplitud Múltiple de Duncan (P= 0,05).

Cuadro 5. Valores promedio y coeficientes de variación de algunas variables evaluadas en seis cultivares de *Coffea* spp. inoculados con *Meloidogyne exigua*.

	C U L T I V A R E S						C.V. %
	Villa						
	Catimor	Sarchí	Robusta	Catuái	Anfillo	Sarchimor	
Altura (cm)	9,61 b*	9,43 b	13,10 a	10,37 b	13,57 a	9,59 b	18,68
Peso aéreo seco (g)	0,63 b	0,53 b	1,25 a	0,73 b	0,70 b	0,59 b	57,31
Peso fresco raíz (g)	1,44 b	1,22 bc	1,92 a	1,61 ab	0,89 c	1,29 bc	49,92
Area foliar (dm ²)	1,17 b	0,97 b	2,32 a	1,35 b	1,29 b	1,10 b	57,45
Agallas/planta	8,60 b	13,38 a	0,16 c	13,12 a	6,90 b	0,49 c	39,42
Diámetro agalla (mm)	0,53 a	0,52 a	0,13 c	0,59 a	0,34 b	0,16 c	55,71
Nematodos/agalla	22,63 a	20,64 a	0,18 c	22,67 a	4,28 b	0,93 bc	69,18
Hembras/agalla	0,68 a	0,84 a	0,18 b	0,70 a	0,40 b	0,26 b	21,58
Juveniles/agalla	14,65 a	20,07 a	0,00 c	21,86 a	3,97 b	0,76 c	59,87
Huevos/planta	141,68 a	114,87 a	8,74 b	146,80 a	9,60 b	2,94 b	86,18
Tasa de reproducción	0,039 a	0,026 ab	0,002 b	0,029 ab	0,004 b	0,001 b	244,85

* Promedio de cuatro repeticiones. Diferencias entre promedios en una hilera seguidos por una misma letra son estadísticamente iguales de acuerdo con los resultados de la Prueba de Amplitud Múltiple de Duncan (P= 0,05).

los cultivares 'Catuaí' y 'Villa Sarchí' tuvieron la mayor cantidad de agallas por planta.

El número de hembras por agalla y huevos por planta fue significativamente mayor en 'Catimor', 'Villa Sarchí', y 'Catuaí' que en los otros tres cultivares.

La tasa de reproducción de *M. exigua* fue significativamente mayor en el cultivar 'Catimor' que en el 'Robusta', 'Anfillo' y 'Sarchimor'; tuvo valores intermedios en los otros dos cultivares, los que fueron estadísticamente iguales a los del 'Catimor'.

Los cultivares 'Robusta' y 'Sarchimor' tuvieron un número significativamente menor de nematodos por agalla y juveniles por agalla, y un diámetro de agalla significativamente menor que los obtenidos en los otros cuatro cultivares.

En el Cuadro 6 se presentan los valores promedio obtenidos en la interacción inoculación x cultivar. En cuanto al número de agallas por planta, se encontró que los cultivares 'Villa Sarchí', 'Catuaí' y 'Catimor' tuvieron los mayores valores; el último fue estadísticamente igual al 'Anfillo'. Los cultivares 'Robusta' y 'Sarchimor' presentaron la menor cantidad de agallas por planta, y fueron estadísticamente iguales a los obtenidos en plantas sin inocular.

En lo concerniente al diámetro de las agallas, número de nematodos por agalla, hembras por agalla, juveniles por agalla y huevos por

Cuadro 6. Valores promedio de la interacción inóculo x cultivares en la evaluación de la respuesta de seis cultivares de *Coffea* spp. a la inoculación con *Meloidogyne exigua*.

Tratamiento	Altura (cm)	Peso aéreo seco (g)	Peso fresco raíces (g)	Area foliar (dm ²)	Agallas/planta	Diámetro agalla (mm)	Nematodos/agalla	Hembras/agalla	Juveniles/agalla	Huevos/planta	Tasa de reproducción
"Catimor"	9,09 a*	0,72 a	1,33 a	1,33 a	0,00 c	0,00 d	0,00 b	0,00 d	0,00 c	0,00 c	0,000 a
"Villa Sarchi"	9,32 a	0,53 a	1,06 a	0,98 a	0,00 c	0,00 d	0,00 b	0,00 d	0,00 c	0,00 c	0,000 a
"Robusta"	12,86 a	1,18 a	1,80 a	2,18 a	0,00 c	0,00 d	0,00 b	0,00 d	0,00 c	0,00 c	0,000 a
"Catuai"	9,61 a	0,68 a	1,35 a	1,26 a	0,00 c	0,00 d	0,00 b	0,00 d	0,00 c	0,00 c	0,000 a
"Anfillo"	14,37 a	0,77 a	0,96 a	1,42 a	0,00 c	0,00 d	0,00 b	0,00 d	0,00 c	0,00 c	0,000 a
"Sarchimor"	9,10 a	0,55 a	1,27 a	1,01 a	0,00 c	0,00 d	0,00 b	0,00 d	0,00 c	0,00 c	0,000 a
"Catimor"	10,14 a	0,55 a	1,55 a	1,01 a	27,80 ab	1,06 ab	78,89 a	1,63 ab	49,48 a	534,96 a	0,080 a
"Villa Sarchi"	9,54 a	0,52 a	1,39 a	0,96 a	44,93 a	1,04 ab	71,58 a	2,09 a	69,39 a	430,89 ab	0,053 a
"Robusta"	13,34 a	1,33 a	2,05 a	2,46 a	0,33 c	0,25 d	0,40 b	0,40 cd	0,00 c	26,33 bc	0,004 a
"Catuai"	11,14 a	0,78 a	1,86 a	1,44 a	43,99 a	1,17 a	77,82 a	1,69 ab	76,06 a	555,04 a	0,058 a
"Anfillo"	12,77 a	0,63 a	0,82 a	1,16 a	21,87 b	0,69 bc	12,89 b	0,91 bc	11,89 b	31,42 bc	0,008 a
"Sarchimor"	10,09 a	0,64 a	1,31 a	1,18 a	1,14 c	0,32 cd	2,32 b	0,58 cd	1,87 bc	8,50 bc	0,002 a

* Promedio de cuatro repeticiones. Diferencias entre promedios en una columna seguidos por una misma letra son estadísticamente iguales según la Prueba de Amplitud Múltiple de Duncan (P= 0,05).

planta, los cultivares 'Catuaí', 'Villa Sarchí' y 'Catimor' tuvieron los valores promedio más altos; el 'Anfillo' tuvo valores relativamente bajos y estadísticamente iguales a los del 'Robusta' y 'Sarchimor'; estos dos últimos no difirieron estadísticamente de los tratamientos sin inocular. Algunos de estos resultados son ilustrados en la Figura 2.

No se encontró diferencias significativas entre tratamientos en altura, peso seco aéreo, peso fresco de raíz y área foliar de las plantas, así como en la tasa de reproducción de los nematodos.

Los coeficientes de correlación de las distintas variables se presentan en el Cuadro 7A. La inoculación estuvo correlacionada con el número de agallas por planta, el diámetro de las agallas, número de nematodos por agalla, hembras por agalla, juveniles por planta y la tasa de reproducción.

La altura de las plantas estuvo correlacionada positivamente, y en forma altamente significativa, con el peso aéreo seco, el peso fresco de la raíz y el área foliar. También se encontró correlación entre cada una de estas tres últimas variables. Finalmente, se obtuvo correlaciones positivas y altamente significativas entre todas las variables utilizadas para evaluar el desarrollo y reproducción de *M. exigua*.

Cr= 'Catimor T 8663/5'
 R= 'Robusta T 3759'
 A= 'Anfillo T 3824'

VS= 'Villa Sarchí'
 C= 'Catuai T 5267'
 S= 'Sarchimor T 5296'

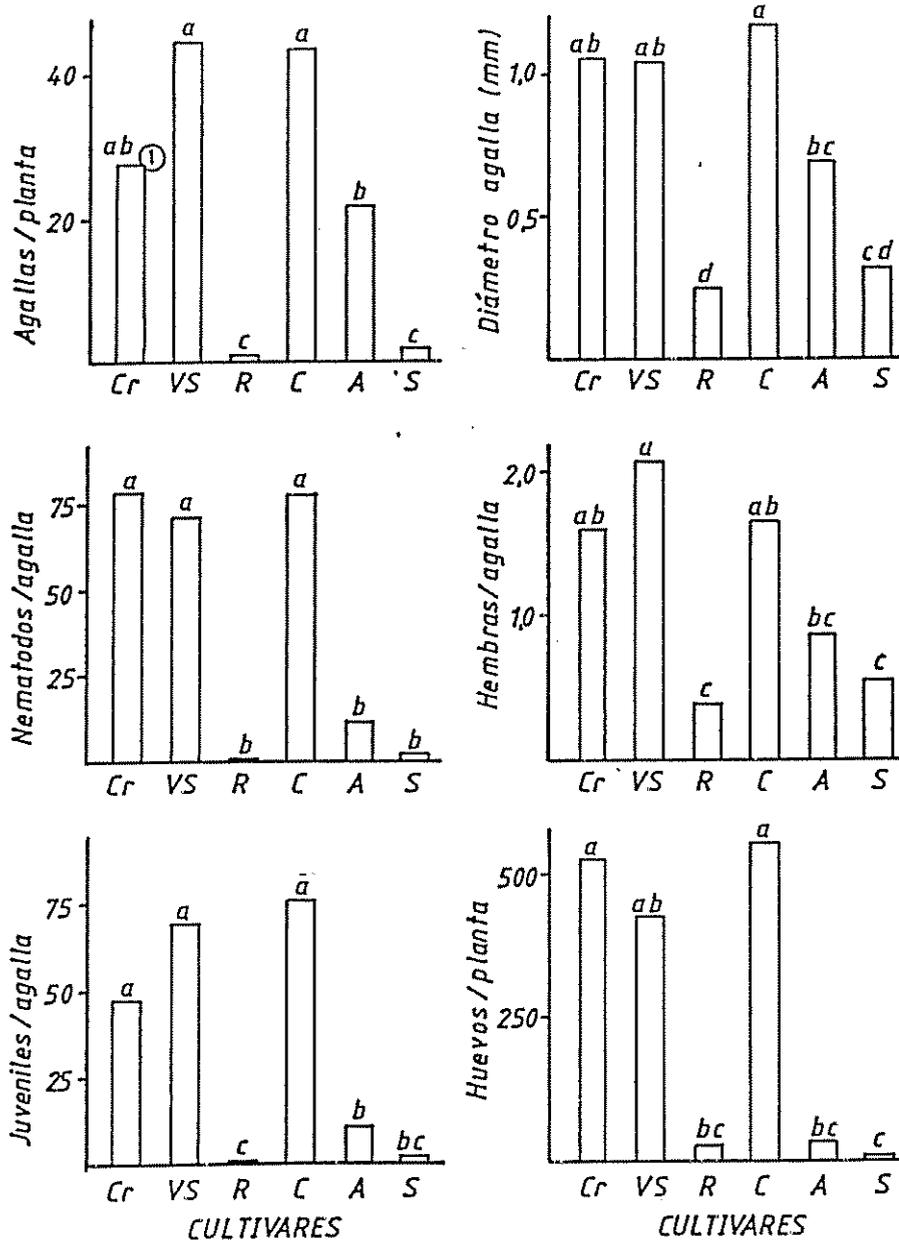


Figura 2. Respuesta de seis cultivares de COFFEA spp. a la inoculación con Meloidogyne exigua.

① Columnas con una misma letra son estadísticamente iguales según la Prueba de Amplitud Múltiple de Duncan al 5%.

5. DISCUSION

5.1 Efecto de *M. exigua* sobre el desarrollo de las plantas

Las poblaciones de *M. exigua* utilizadas en la primera prueba no afectaron significativamente el desarrollo de las plantas, como se observa en los Cuadros 2 y 3. Este resultado es común en investigaciones como la presente, donde se trabaja con plantas de crecimiento lento y con períodos de evaluación de las respuestas relativamente cortos (14). Por ejemplo, Baeza y Leguizamón (10) notaron que al aplicar nematicidas para combatir *M. exigua* en cafeto, el efecto positivo sobre el peso fresco de las partes aéreas fue notorio sólo después de seis meses. Algo similar ocurre con la aparición de los síntomas aéreos en plantas atacadas por esta especie de nematodo, según lo anota Gonçalves (31). Este autor encontró que, en una plantación de cafeto nueva y sana, los primeros síntomas visibles del ataque de *M. exigua* aparecían generalmente entre el primer y segundo año después de su trasplante al campo.

Al igual que en esta investigación, varios autores (11, 47, 49) notaron la formación de agallas en los sistemas radicales sin que, inicialmente, se afectara el crecimiento de las partes aéreas. Seinhorst, citado por Wallace (62), explica ese hecho mediante la hipótesis del nivel de tolerancia, en la que propone que el peso aéreo permanece más o menos constante hasta que se alcanza una densidad crítica de nematodos (nivel de tolerancia). Según Seinhorst, esto ocurre debido a que la reducción inicial del crecimiento es baja y es, a su vez, superada por las propiedades compensatorias del sistema radical, ya sea mediante la producción de raíces

nuevas y/o la existencia de un "exceso" de raíces en el mismo. Wallace (62) también menciona que si la densidad de los nematodos es baja, su efecto deletéreo sobre el crecimiento de las plantas puede ser pequeño, y podría ser confundido con la variabilidad inherente a las plantas.

En la segunda prueba se obtuvo un resultado similar, aunque en este caso la altura de las plantas y el peso fresco de las raíces fueron mayores en los tratamientos inoculados con la población de Sarchí. que en los no inoculados (Cuadro 4). Estas observaciones también han sido hechas en otros trabajos y se atribuyen a que la producción de agallas, como respuesta al ataque de *Meloidogyne* spp., produce incrementos en el peso de las raíces afectadas (11) y a que poblaciones bajas de nematodos pueden ocasionar cambios en algunos reguladores del crecimiento o la formación de más raíces adventicias en las áreas que presentan agallas, lo que redundaría en un aumento en el crecimiento de las plantas (11, 47, 49).

5.2 Revisión de la metodología para evaluar la reacción del cafeto a *M. exigua*.

Con respecto al tiempo de evaluación, se observó que desde los 40 días después de la inoculación se puede detectar la respuesta de las plantas al ataque de este nematodo pero que la misma es más evidente y definida a los 80 días (Cuadros 2 y 3). Por lo tanto este período será suficiente si lo que se pretende es detectar el establecimiento y la reproducción del nematodo en la planta. Si el objetivo del trabajo es el de evaluar si el ataque del nematodo ocasiona algún daño a la planta, y tomando en cuenta las consideraciones hechas con respecto al efecto de *M. exigua* sobre el crecimiento del cafeto, parece entonces recomendable que el período de

evaluación para las variables de crecimiento sea de 6 - 8 meses después de la inoculación. Además sería aconsejable el tomar muestras, tal vez a intervalos de dos meses, para evaluar el desarrollo de los nematodos y luego correlacionar estos datos con los obtenidos en la evaluación del crecimiento de las plantas; esto último con el fin de establecer luego criterios definidos, que permitan evaluar más rápidamente la respuesta del cafeto al ataque de *M. exigua*.

En lo que se refiere a las variables que se deben considerar en esta clase de trabajo, se notó en la primera prueba que la población de Sarchí consistentemente causó la formación de agallas de mayor diámetro que las de la población de la Isabel (Cuadros 2 y 3), lo que sugiere que esta característica podría utilizarse como un criterio para distinguir entre poblaciones. Sin embargo, no hubo diferencia entre éstas últimas en lo concerniente al número de nematodos por agalla y al de huevos por planta. Esto concuerda con lo anotado por Mendes (46), de que el tamaño de la agalla no siempre tiene relación con las dos últimas variables, por lo que no es recomendable emplearlo como un criterio aislado para evaluar susceptibilidad. De hecho, la misma presencia de agallas en las raíces no es suficiente para asegurar el establecimiento y la reproducción de los nematodos, ya que las mismas no son esenciales para que tales procesos ocurran (46). Esta observación también conduce a sugerir la preferencia de las suspensiones de huevos y juveniles como fuente de inóculo ya que son más seguras y, además, permiten cuantificar la reproducción de los nematodos.

Las correlaciones positivas y altamente significativas entre todas las variables de reproducción y desarrollo de los nematodos (Cuadros 4A, 5A y 7A), junto con las consideraciones discutidas anteriormente, permiten proponer cuáles variables pueden ser usadas al realizar trabajos de selección de material resistente a *M. exigua*; así como para la diferenciación de poblaciones de esta especie de nematodo. Las variables que pueden ser evaluadas en forma rápida y con exactitud son: número de agallas por planta, diámetro de las agallas y número de huevos por planta.

5.3 Evaluación de la virulencia de tres poblaciones de *M. exigua*

Los resultados obtenidos en las variables de reproducción y desarrollo de las tres poblaciones de *M. exigua* (Cuadros 2 y 3) dieron prueba de una evidente diferencia en cuanto a la virulencia de las mismas. En las dos evaluaciones hechas y en prácticamente todas las variables, las poblaciones de Sarchí y de La Isabel tuvieron valores más altos que la de San Luis.

Trabajos previos (37, 38, 39), con las poblaciones de Sarchí y San Luis, informan que ellas son diferentes en algunos aspectos de su morfología, en la respuesta de plantas diferenciales y en los patrones electroforéticos de ciertas isoenzimas. Resultados similares han sido obtenidos por otros autores, quienes han trabajado con poblaciones de *M. exigua* colectadas en Brasil (20, 43, 44).

La anterior evidencia hace suponer que *M. exigua* es una especie compuesta por varias razas, y que en Costa Rica existen al menos dos de ellas; estas aseveraciones sin embargo, merecen ser confirmadas mediante nuevos estudios.

La diferencia en virulencia entre las tres poblaciones de *M. exigua* usadas en esta investigación fue la razón para que se escogiera la población de Sarchí en la evaluación de la respuesta de seis cultivares de cafeto hecha en la segunda prueba, ya que la misma fue la más virulenta.

5.4 Respuesta de seis cultivares de *Coffea* spp. a la inoculación con *M. exigua*.

Al comparar los resultados obtenidos en ésta con los de la primera prueba, se notó una mayor variabilidad, confirmada por coeficientes de variación más altos y diferencias estadísticamente significativas entre repeticiones en algunas de las variables (Cuadros 4 y 6A). Esto se podría explicar con base en las características de las plantas de *Coffea* spp. con que se trabajó; dentro de los seis cultivares evaluados había dos híbridos aún segregantes ('Catímor' y 'Sarchímor') y el cultivar 'Robusta', los cuales fueron tomados de plantas de polinización no controlada. En el caso de 'Robusta', por ser una planta alógama, lo ideal hubiera sido trabajar con material reproducido vegetativamente.

Es conveniente aclarar que los términos de tolerancia e intolerancia empleados en este trabajo, se basan en los utilizados por Cook (18) para designar respectivamente cultivares que no sufren o sufren poco daño y

cultivares que sí sufren daño por el ataque de nematodos fitoparásitos. Podría decirse que en este caso los seis cultivares presentaron tolerancia por cuanto que no hubo una reducción significativa de los parámetros que midieron el desarrollo de las plantas; esta aseveración sólo puede ser hecha con muchísima cautela, ya que, como se mencionó anteriormente, la falta de un efecto nocivo de los nematodos sobre la planta es común en estos trabajos, donde se estudia plantas de crecimiento lento y con un período de evaluación de la respuesta a la inoculación muy corto (14). Es factible que, bajo estas circunstancias, la densidad poblacional de *M. exigua* no alcanzará la densidad crítica para el cafeto.

Los otros términos mencionados por Cook (18), de resistencia y susceptibilidad, se refieren a la eficacia de la planta como hospedante de los nematodos, y son aplicados después de cuantificar la reproducción de estos últimos. Este autor califica de resistentes a aquellas plantas que sólo permiten una reproducción relativamente baja de los nematodos, mientras que usa el término de susceptibles para calificar a aquellas que permiten una reproducción relativamente alta.

En este caso en particular, y con base en los conceptos mencionados anteriormente y a la comparación de los resultados obtenidos en los otros cultivares con respecto a los del 'Catuaí' (Cuadros 5 y 6), un cultivar de reconocida susceptibilidad a *M. exigua*, se obtuvo la clasificación que se detalla a continuación.

Los cultivares 'Catimor' y 'Villa Sarchí', por tener valores relativamente altos y estadísticamente iguales a los del 'Catuaí', fueron

calificados como susceptibles a *M. exigua*. La susceptibilidad del 'Villa Sarchí' era de esperarse, ya que la mayoría de los cultivares de *C. arabica* lo son; este cultivar fue incluido en la prueba para poder comparar los resultados obtenidos con el 'Sarchimor', el cual es un producto del cruce entre el 'Villa Sarchí' y el 'Híbrido de Timor 832/2'. Con respecto al 'Catimor'; éste es un híbrido proveniente del cruce entre el cultivar 'Caturra' de *C. arabica* y el 'Híbrido de Timor 832/1'; este último es reconocido como susceptible (30), por lo que el resultado obtenido en esta prueba corrobora lo anterior. Es probable que los materiales descendientes de este híbrido sean de poca utilidad en programas destinados a incorporar resistencia a *M. exigua* en cultivares comerciales de café.

El cultivar 'Sarchimor' tuvo valores muy bajos en las variables evaluadas, por lo que fue calificado como resistente a *M. exigua*. Este cultivar es descendiente del 'Híbrido de Timor 832/2', el que parece ser portador de resistencia a esta especie de nematodo (28); el resultado obtenido en esta prueba confirma la anterior observación. El 'Sarchimor' fue previamente evaluado en Brasil (28, 29), y al igual que en este trabajo se le consideró resistente a *M. exigua*, así como también a *M. incognita* (Kofoid y White, 1919) Chitwood, 1949, y al hongo causante de la roya, además de tener una producción razonable. Todas estas características lo convierten en un material genético muy valioso, aunque aún debe ser mejorado ya que tiene el problema de la disminución del vigor después de seis cosechas (29).

Si se consideran estos resultados y el hecho de que la mayoría de los híbridos entre *C. arabica* y el 'Híbrido de Timor' provienen de las introducciones CIFC 832/2 y 832/1 de dicho híbrido (13), se podrá tener una idea del resultado y de la utilidad de los materiales dentro de los programas de mejoramiento para resistencia a *M. exigua* con sólo conocer los progenitores de los mismos.

El cultivar 'Robusta' fue el más resistente, lo que era esperado dada toda la evidencia obtenida previamente (6, 14, 22, 27, 45). Su importancia dentro de programas de mejoramiento y como patrón en injertos con cultivares de *C. arabica* es fortalecida con los resultados obtenidos en esta prueba.

Finalmente, el cultivar 'Anfillo' mostró cierto grado de resistencia, ya que tuvo un comportamiento intermedio entre los cultivares resistentes 'Sarchimor' y 'Robusta' y los susceptibles 'Catuaí' y 'Villa Sarchí'. Estos resultados concuerdan con los obtenidos en otros estudios (21, 25, 50) y ponen de relieve la necesidad de tomarlo en cuenta dentro de programas que tengan como objetivos la búsqueda e incorporación de resistencia a *M. exigua*, ya que probablemente este cultivar mostrará una buena compatibilidad en cruces con otros cultivares de *C. arabica*.

6. CONCLUSIONES

1. La inoculación de *Meloidogyne exigua* en varios genotipos de *Coffea* spp. no causó el desarrollo de síntomas aéreos o efectos nocivos detectables en el desarrollo de las plantas, aunque si causó la formación de agallas en sus raíces.
2. Basados en la reproducción de *M. exigua* en ellos se clasificó a los cultivares de *C. arabica* 'Catimor T8663', 'Villa Sarchí T3035' y 'Catuaí T5267' como susceptibles, al 'Sarchimor T5296' y al cultivar de *C. canephora* 'Robusta T3759' como resistentes y el cultivar 'Anfillo T3824' de *C. arabica* como moderadamente resistente al ataque de este nematodo.
3. Se encontró evidencia de que poblaciones de *M. exigua* colectadas en Sarchí y La Isabel de Turrialba, Costa Rica, fueron más agresivas en *C. arabica* cv. 'Catuaí T5267' que una población colectada en San Luis de Santo Domingo, Costa Rica.
4. Se concluyó que la medición del número de agallas por planta, su diámetro y el número de huevos por planta son variables confiables y fáciles de determinar en evaluaciones de la reacción de genotipos de *Coffea* spp. ante el ataque de *M. exigua*.
5. Las variables mencionadas anteriormente pueden ser medidas con precisión 80 días después de la inoculación con *M. exigua*.
6. Los huevos y segundos estadios juveniles constituyen una fuente de inóculo apropiada para la inoculación de *M. exigua*, ya que permiten

su cuantificación previo a la inoculación y el cálculo preciso de la tasa de reproducción de este nematodo.

7. LITERATURA CITADA

1. ARAUJO NETTO, K. DE y ALVARENGA, G. Teste de resistência do Piatan (geração F₂ do H387) ao nematóide *Meloidogyne exigua*. In Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 1º, Vitória, Brasil, 1973. Resumos. Rio de Janeiro, Instituto Brasileiro do Café, 1974. p. 27.
2. _____. y FERREIRA, A. J. Prováveis fontes de resistência a *M. exigua* testagem efetuada em progênies de *Coffea arabica* da coleção de Caratinga. In Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 6, Sao Paulo, 1973. Resumos. Rio de Janeiro, Instituto Brasileiro do Café, 1978. pp. 120-121.
3. _____, FERREIRA, A. J. y PEREIRA, J. B. D. Seleção de cafeeiros portadores de resistência ao nematóide *M. exigua* e ao fungo *H. vastatrix*. In Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 7, Minas Gerais, Brasil, 1979. Resumos. Rio de Janeiro, Instituto Brasileiro do Café, 1979. pp. 251-254.
4. _____. et al. Productividade de progênies de Catimor portadoras de resistência ao nematóide *M. exigua* e ao fungo *H. vastatrix*. In Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 9, Minas Gerais, Brasil, 1981. Resumos. Rio de Janeiro, Instituto Brasileiro do Café, 1981. pp. 112-114.
5. _____. et al. Progênies portadoras de resistência a *M. exigua* resultados de novos testes. In Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 9, Minas Gerais, Brasil, 1981. Resumos. Rio de Janeiro, Instituto Brasileiro do Café, 1981. pp. 105-107.
6. AREVALO RUIZ, C.; ZARATE, L. y URRELLO, R. Comportamiento de nueve variedades de café al ataque del nemátodo del nudo de la raíz *Meloidogyne exigua* Goeldi. Nematológica (Venezuela) 7(2):3. 1977.
7. ARRUDA, H. V. DE. Efeito depressivo de nematóides, sobre mudas de cafeeiro formadas em laminados. Bragantia (Brasil)/19:15-17. 1960.
8. _____. Redução no crescimento de cafeeiros com um ano de campo, de vida ao parasitismo de nematóides. Bragantia (Brasil)/19: 179-182. 1960.
9. _____. y REISS, A. J. Redução nas duas primeiras colheitas de café, devido ao parasitismo de nematóide. Biológico (Brasil)/ 28(12):349. 1960.
10. BAEZA ARAGON, C. A. Síntomas debidos a nematodos de las especies de *Meloidogyne* en café. Avances Técnicos Cenicafé (Colombia) no. 90. 1979. 4 p.

11. BARKER, K. R. y OLTHOF, T. H. A. Relationships between nematode population densities and crop responses. *Annual Review of Phytopathology* 14:327-353. 1976.
12. BELLAVITA G., O. Estudio preliminar de la resistencia de varios cultivares de café al ataque de *Meloidogyne* sp. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1967. 32 p.
13. BETTENCOURT, A. J. Considerações gerais sobre o 'Híbrido de Timor'. Campinas, SP, Brasil. Instituto Agrônômico. Circular no. 23. 1973. 20 p.
14. BOLIVAR, G. Metodología para evaluar la reacción del cafeto al nematodo *Meloidogyne exigua* Goeldi. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR/CATIE, 1984. 71 p.
15. BONETI, J. I. S. *et al.* Influência do parasitismo de *Meloidogyne exigua* sobre a absorção de micronutrientes (Zn, Cu, Fe, Mn e B) e sobre o vigor de mudas de cafeeiro. *Fitopatologia Brasileira* 7(2):197-205. 1982.
16. CASTILLO PONCE, G. Estudio y evaluación del daño causado por el nematodo nodulador de las raíces en semillero de café (*Coffea arabica* L.) en condiciones de invernadero. Tesis Lic. Biol. Veracruz, México, Universidad Veracruzana, 1977. 99 p.
17. COLBERT. B. Los nematodos reducen el rendimiento del cafeto. *Hacienda (Estados Unidos)* 73(6):25-26. 1978.
18. COOK, R. Nature and inheritance of nematode resistance in cereals. *Journal of Nematology* 6(4):165-174. 1974.
19. CURI, S. M. *Coffea canephora*, var. Kouillou, promissora fonte de resistência genética no controle do nematóide do cafeeiro, *Meloidogyne exigua*. *Biologico (Brasil)* 35(1):21-22. 1969.
20. _____. *et al.* Atual distribuição geográfica dos nematóides do cafeeiro (*Meloidogyne coffeicola* y *M. exigua*), no estado de São Paulo. *Biologico (Brasil)* 36(1):26-28. 1970
21. _____. *et al.* Novas fontes de resistência genética de *Coffea* no controle do nematóide do cafeeiro, *Meloidogyne exigua*. *Biologico (Brasil)* 36(10):293-295. 1970.
22. FAZUOLI, L. C. *et al.* Estudo da resistência de cafeeiros a nematóides In Reuniao de Nematologia, 1, Piracicaba, Brasil, 1974. Trabalhos apresentados. Piracicaba, Sociedade Brasileira de Nematologia, 1974. pp. 25-26.
23. _____. *et al.* Herança da resistência do cafeeiro ao nematóide *Meloidogyne exigua*. In Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 2, São Paulo, Brasil, 1974. Resumos. Rio de Janeiro, IBC, 1974.. p. 30.

24. FAZUOLI, L. C. *et al.* Estudo de métodos de infestação para avaliação precoce da resistência do cafeeiro a *Meloidogyne exigua*. *Bragantia (Brasil)* 36(23):231-237. 1977.
25. _____.; MONACO, L. C. y CARVALHO, A. Resistência do cafeeiro a nematóides. I. Testes em progênies e híbridos, para *Meloidogyne exigua*. *Bragantia (Brasil)* 36(29):297-307. 1977.
26. _____ y LORDELLO, R. R. A. Resistência de *Coffea liberica* e *C. dewevrei* a *Meloidogyne exigua*. In Reunião de Nematologia, 2, Piracicaba, Brasil, 1977. Trabalhos apresentados. Piracicaba, Sociedade Brasileira de Nematologia, 1977. pp. 197-199.
27. _____ y LORDELLO, R. R. A. Fontes de resistência em espécies de cafeeiro ao nematóide *Meloidogyne exigua*. In Reunião de Nematologia, 3, Mossoró, Brasil, 1978. Trabalhos apresentados. Mossoró, RN, Sociedade Brasileira de Nematologia, 1978. pp. 49-52.
28. _____ y LORDELLO, R. R. A. Resistência de cafeeiros Híbrido do Timor a *Meloidogyne exigua* (Sumario). *Plant Breeding Abstracts* 49:3805. 1975.
29. _____.; COSTA, W. M. DA y BORTOLETTO, N. Resistência das progênies de café LC 1669-31 e LC 1669-33 aos nematóides *Meloidogyne exigua* *M. incognita*. In Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 10, Poços de Caldas, Brasil, 1983. Anais. Rio de Janeiro, Instituto Brasileiro do Café, 1983. pp. 81-83.
30. FERREIRA, A. J. y ARAUJO NETTO, K. Estudo de resistência de *Coffea* spp. ao nematóide *Meloidogyne exigua* - Teste de resistencia de varias progênies de Catimor, Catindú, H. de Timor e outras, seleccionadas en Caratinga - M.G. In Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 5, Guarapari, ES, Brasil, 1977. Resumos. Rio de Janeiro, Instituto Brasileiro do Café, 1977. pp. 209-211.
31. GONÇALVES, J. C. Nematóides séria praga da cafeicultura. *Divulgação Agronômica (Brasil)* no. 28:35-38. 1970.
32. GONZALEZ, J. A. Algunos aspectos generales de la cafeicultura en Brasil. Instituto Salvadoreño de Investigación del Café. *Boletín Informativo* no. 133. 1977. pp. 14-16.
33. GUTIERREZ Z., G. y JIMENEZ Q., M. F. Algunas observaciones sobre la injertación del café practicada en Guatemala y El Salvador, como medio para el control de nematodos. San José, Costa Rica, Ministerio de Agricultura y Ganadería, 1969. 17 p.
34. HOAGLAND, D. R. y ARNON, D. L. The water-culture method for growing plants without soil. California Agricultural Experiment Station. Circular no. 347, 1939. 32 p.

35. HUSSEY, R. S. y BARKER, K. R. A comparison of methods of collecting inocula of *Meloidogyne* spp., including a new technique. *Plant Disease Reporter* 57(12):1025-1028. 1973.
36. INGUNZA, M. A. El nematodo del nudo de la raíz del cafeto (*Meloidogyne exigua* Goeldi, 1998). *Café Peruano* 2(14):4-7. 1963.
37. LOPEZ, R. Differential plant responses and morphometrics of some *Meloidogyne* spp. from Costa Rica. *Turrialba (Costa Rica)* 34(4):445-458. 1984.
38. _____. Differential plant responses, morphometrics and electrophoretic patterns of some *Meloidogyne* spp. from Costa Rica and Florida, U.S.A. and the description of *Meloidogyne salasi* sp. n. Ph. D. Dissertation. Gainesville, University of Florida, 1984. 123 p.
39. _____. Observaciones sobre la morfología de *Meloidogyne exigua* con el microscopio electrónico de rastreo. *Nematológica* 15(1): 27-36. 1985.
40. LORDELLO, L. G. E. Nematode pests of coffee. In Webster, J. M., ed. *Economic nematology*. London, Academic Press, 1972. pp. 268-284.
41. LORDELLO, R. R. A.; FAZUOLI, L. C. y GONCALVES, W. Estudo da infestação de cafeeiro com *Meloidogyne exigua* em dois estádios de desenvolvimento. In Reunión de Nematologia, 2, Piracicaba, Brasil, 1976. Trabalhos apresentados. Piracicaba, Sociedade Brasileira de Nematologia, 1977. pp. 201-205.
42. MACEDO, M. C. M.; HAAG, H. P. y LORDELLO, L. G. E. Influências do nematóide *Meloidogyne exigua* na absorção de nutrientes em plantas jovens de cafeeiro-Resultados preliminares. In Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 3, Curitiba, Brasil, 1975. Resumos. Rio de Janeiro, Instituto Brasileiro do Café, 1975. p. 68.
43. MACEDO NETO, R. Estudo sobre diferentes patogenicidades de *Meloidogyne exigua* em cafeeiro no estado de São Paulo. *Solo (Brasil)* 66(2):23-27. 1974.
44. _____.; LORDELLO, R. A. y LORDELLO, L. G. E. Separação de duas populações de nematóides do genero *Meloidogyne*, com diferentes patogenicidades em cafeeiro, a traves de electroforese. *Revista de Agricultura (Brasil)* 50(1-2):5-8. 1975.
45. MEDINA GRULLON, L. Nematodos que atacan el café en República Dominicana. *Sanidad Vegetal (República Dominicana)* 2(4):8-14. 1972.

46. MENDES, B. V.; FERRAZ, S. y SHIMOYA, C. Observações histopatológicas de raízes de cafeeiro parasitadas por *Meloidogyne exigua* Goeldi, 1887. In Reuniao de Nematologia, 2, Piracicaba, Brasil, 1976. Trabalhos apresentados. Piracicaba, Sociedade Brasileira de Nematologia, 1977. pp. 207-229.
47. MORERA GONZALEZ, N. Reacción de algunos cultivares de arveja (*Pisum sativum* L.) al ataque de *Meloidogyne incognita* (Kofoid y White) y *M. hapla* Chitwood y su efecto a densidades crecientes de inóculo. Tesis Ing. Agr. San José, Universidad de Costa Rica, 1984. 55 p.
48. NAKASONO, K. et al. Desenvolvimento das raízes de cafeeiros novos transplantados e penetração por *Meloidogyne exigua*. In Reuniao de Nematologia, 4, Sao Paulo, Brasil, 1979. Trabalhos apresentados. Sao Paulo, Sociedade Brasileira de Nematologia, 1979. pp. 33-41.
49. OLTJOF, T. H. A. y POTTER, J. W. Effects of population densities of *Meloidogyne hapla* on growth and yield of tomato. Journal of Nematology 9(4):296-300. 1977.
50. REBEL, E. K. y FAZUOLI, L. C. Fontes de resistencia de cafeeiros ao nematode *Meloidogyne incognita*. In Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 6, São Paulo, Brasil, 1978. Resumos. Rio de Janeiro, Instituto Brasileiro do Café, 1978. pp. 187-191.
51. RIO DE JANEIRO. INSTITUTO BRASILEIRO DO CAFE. Pragas do cafeeiro; instruções técnicas sobre a cultura de Café no Brasil. 4 ed. Rio de Janeiro, 1981. pp. 311-312.
52. RÖHDE, R. A. Expression of resistance in plants to nematodes. Annual Review of Phytopathology 10:233-252. 1972.
53. RODRIGUEZ A., G. Nematodos y su control con injertos. Revista Cafetalera (Guatemala) no. 190:30. 1980.
54. SANTOS, J. M. DOS; FERRAZ, S. y OLIVEIRA, L. M. DE. Efeitos do parasitismo de *Meloidogyne exigua* sobre a absorção e translocação de nutrientes em mudas de cafeeiro. Fitopatologia Brasileira 6(3):333-339. 1981.
55. SASSER, J. N. Behavior of *Meloidogyne* spp. from various geographical locations on ten host differentials (Sumario). Nematologica 12(1):97-98. 1966.
56. _____. Physiological variation in the genus *Meloidogyne* as determined by differential hosts. OEPP/EPPO Bulletin no. 6:41-48. 1972.

57. SASSER, J. N. Economic importance of *Meloidogyne* in tropical countries. In Lamberti, F. y Taylor, C. E., eds. Root-knot nematodes. London, Academic Press, 1979. pp. 360-374.
58. SCHAFER, J. F. Tolerance to plant disease. Annual Review of Phytopathology 9:235-239. 1971.
59. STOYANOV, D. Breve estudio sobre los nematodos parásitos del café en Cuba. Revista de Agricultura (Cuba) 5(2):20-29. 1972.
60. TAYLOR, A. L. y SASSER, J. N. Biología, identificación y control de los nematodos de nódulo de la raíz (especies de *Meloidogyne*). Trad. del inglés. Raleigh, Universidad de Carolina del Norte, 1983. 111 p.
61. VILLALBA G., D.; FERNANDEZ B., O. y BAEZA A., C. A. Ciclo de vida de *Meloidogyne incognita* raza 5 (Kotoid & White 1919) Chitwood 1949, en *Coffea arabica* variedad Caturra. Cenicafé (Colombia) 34:16-33. 1983.
62. WALLACE, H. R. The influence of the density of nematode populations on plants. Nematologica 17:154-166. 1971.

8. APENDICE

Cuadro 1A. Algunas características de los cultivares de *Coffea* spp. evaluados en la segunda prueba.

Número introducción	Número planta	Especie	Descripción del material
5267	3 - 4	<i>C. arabica</i>	Catuaí rojo
3035		<i>C. arabica</i>	Villa Sarchí
3824	1 - 1	<i>C. arabica</i>	Anfillo
3759	1 - 1	<i>C. canephora</i>	Robusta Sa - 237
5296	1 - 2		Sarchimor (F ₂) 971/10 Villa Sarchí x 832/2 Híbrido de Timor
8663	5		Catimor (F ₅) 19/1 Caturra x 832/1 Híbrido de Timor

i

Cuadro 2A. Cuadrados medios de las variables evaluadas en plántulas de Coffea arabica cv. Catuai T5267, cuarenta días después de su inoculación con tres poblaciones de Meloidogyne exigua.

Fuente de variación	Grados de libertad	C U A D R A D O S M E D I O S										
		Altura	Peso aéreo seco	Peso fresco raíz	Area foliar	Agallas/ planta*	Diámetro de agalla	Nematodos/ agalla*	Hembras/ agalla*	Juveniles/ agalla*	Huevos/ planta*	Tasa de reproducción
Repeticiones	3	0,254	0,007	0,027	0,034	0,395	0,196	0,147	0,011	0,259	94,373	0,001
Tratamientos	3	0,066	0,003	0,011	0,019	49,696**	4,418**	6,272**	2,043**	2,987**	1000,695**	0,005
Error	9	0,255	0,004	0,013	0,020	1,083	0,126	0,077	0,056	0,173	148,067	0,002

* Los valores originales fueron transformados a $y = \sqrt{x + 0.05}$

** Significativo al 1%

Cuadro 3A. Cuadrados medios de las variables evaluadas en plántulas de Coffea arabica cv. Catuaí T5267, ochenta días después de su inoculación con tres poblaciones de Meloidogyne exigua.

Fuente de variación	Grados de libertad	C U A D R A D O S M E D I O S										
		Altura	Peso aéreo seco	Peso fresco raíz	Area foliar	Agallas/planta*	Diámetro de agalla	Nematodos/agalla*	Hembras/agalla*	Juveniles/agalla*	Huevos/planta*	Tasa de reproducción
Repeticiones	3	0,644	0,111**	0,303**	0,932**	0,205	0,013	1,136	0,077	1,193	306,206	0,009
Tratamientos	3	1,174	0,010	0,112	0,089	99,196***	4,677***	104,721***	1,500***	101,235***	3144,533***	0,039
Error	9	0,461	0,026	0,053	0,217	0,843	0,003	1,336	0,063	1,358	292,137	0,012

* Los valores originales fueron transformados a $y = \sqrt{x + 0.5}$

** Significativo al 5%

*** Significativo al 1%

Cuadro 4A. Matriz de correlación entre variables evaluadas 40 días después de la inoculación de plántulas de Coffea arabica cv. Catuai 75267 con tres poblaciones de Maloidogyna exigua.

Tratamiento	Repeticiones	Altura	Peso aéreo seco	Peso fresco raíz	Área foliar	Agallas/planta	Diámetro de agalla	Nematodos/agalla	Hembra/agalla	Juveniles/agalla	Huevos/planta	Tasa de reproducción
1,00	0,00	-0,03	-0,05	0,14	-0,05	0,75** ^{1/}	0,76**	0,69**	0,66**	0,57**	0,46	0,18
Repeticiones	1,00	-0,06	0,14	0,25	0,14	0,08	-0,04	0,11	0,05	0,21	-0,03	-0,02
Altura		1,00	0,12	0,16	0,12	0,16	-0,01	0,09	0,01	0,11	0,20	0,24
Peso aéreo seco			1,00	0,18	1,00**	0,02	-0,07	-0,13	-0,05	-0,15	0,15	0,23
Peso fresco raíz				1,00	0,18	0,33	0,20	0,33	0,20	0,41	0,13	0,04
Área foliar					1,00	0,02	-0,07	-0,13	-0,05	-0,15	0,15	0,23
Agallas/planta						1,00	0,83**	0,88**	0,82**	0,71**	0,73**	0,48
Diámetro de agalla							1,00	0,86**	0,81**	0,72**	0,71**	0,46
Nematodos/agalla								1,00	0,83**	0,92**	0,86**	0,38
Hembras/agalla									1,00	0,59*	0,67**	0,41
Juveniles/agalla										1,00	0,54*	0,33
Huevos/planta											1,00	0,92**
Tasa de reproducción												1,00

^{1/} Los asteriscos * y ** denotan significancia estadística a $P = 0,001$ y $P = 0,0001$, respectivamente.

Cuadro 5A. Matriz de correlación entre variables evaluadas 80 días después de la inoculación de plántulas de Coffea arabica cv. Catuai T5267 con tres poblaciones de Meloidogyne exigua.

Tratamiento	Repeticiones	Altura	Peso aéreo seco	Peso fresco raíz	Area foliar	Agallas/planta	Diámetro de agalla	Nematodos/agalla	Hembras/agalla	Juveniles/agalla	Huevos/planta	Tasa de reproducción
1,00	0,00	0,36	0,10	0,29	0,10	0,75** ^{1/}	0,82**	0,66**	0,65**	0,66**	0,47	0,29
Repeticiones	1,00	-0,26	0,20	-0,03	0,20	0,06	0,01	0,11	0,13	0,11	0,01	-0,01
Altura		1,00	0,10	0,48	0,10	0,32	0,39	0,26	0,35	0,25	0,27	0,15
Peso aéreo seco			1,00	-0,08	1,00**	0,21	0,06	0,20	0,18	0,20	0,004	-0,07
Peso fresco raíz				1,00	-0,08	0,20	0,37	0,13	0,13	0,13	0,21	0,15
Area foliar					1,00	0,21	0,06	0,20	0,18	0,20	0,004	-0,07
Agallas/planta						1,00	0,93**	0,92**	0,82**	0,92**	0,76**	0,54*
Diámetro de agalla							1,00	0,90**	0,85**	0,90**	0,77**	0,56*
Nematodos/agalla								1,00	0,86**	1,00**	0,78**	0,57*
Hembras/agalla									1,00	0,85**	0,65**	0,41
Juveniles/agalla										1,00	0,78**	0,57*
Huevos/planta											1,00	0,94**
Tasa de reproducción												1,00

^{1/} Los asteriscos * y ** denotan significancia estadística a P = 0,001 y P = 0,0001, respectivamente.

Cuadro 6A. Cuadrados medios de las variables evaluadas en plántulas de seis cultivares de *Coffea* spp. con o sin inóculo de *Meloidogyne exigua*.

Fuente de variación	Grados de libertad	C U A D R A D O S M E D I O S											
		Altura	Peso aéreo seco	Peso fresco	Área foliar	Agallas/ planta*	Diámetro de agalla	Nematodos/ agalla*	Hembras/ agalla*	Juveniles/ agalla*	Huevos/ planta*	Tasa de reproducción	
Repeticiones	3	6,47**	0,33	1,08***	1,15	0,83	0,05	4,96	0,03	0,99	106,32	0,003	
Inóculo	1	4,66**	0,00	0,97***	0,00	306,40***	13,79***	534,53***	8,16***	440,86***	3980,30***	0,038	
Error a	3	0,47	0,09	0,01	0,31	0,83	0,05	4,96	0,03	0,99	106,32	0,003	
Cultivar	5	56,89***	1,10***	1,98***	3,77**	26,73***	0,64***	56,34***	0,29***	49,85***	387,98***	0,004**	
Inoc. x Cult.	5	4,85	0,07	0,21	0,24	26,73***	0,64***	56,34***	0,29***	49,85***	387,98***	0,004**	
Error b	30	4,30	0,15	0,31	0,52	0,43	0,04	2,82	0,03	1,34	42,36	0,001	

* Los valores originales fueron transformados a $y = \sqrt{x + 0,05}$

** Significativo al 5%

*** Significativo al 1%

Cuadro 7A. Matriz de correlación entre variables evaluadas en plántulas de seis cultivares de *Coffea* spp. con o sin inóculo de *Meloidogyne exigua*.

	Peso		Repeticiones	Inóculo	Cultivar	Altura	Peso aéreo seco	Peso fresco raíz	Área foliar	Agallas/ planta	Diámetro de agalla	Nematodos/ agalla	Hembras/ agalla	Juveniles/ agalla	Huevos/ planta	Tasa de reproducción
	seco	húmedo														
Repeticiones	1,00		0,00	0,00	0,00	0,16	0,17	0,10	0,06	0,06	0,07	0,00	0,06	0,01	-0,16	-0,21
Inóculo			1,00		0,00	0,08	0,00	0,14	0,00	0,69** ^{1/}	0,76**	0,61**	0,75**	0,62**	0,58**	0,35*
Cultivar			1,00		1,00	0,18	-0,02	-0,14	-0,02	-0,19	-0,19	-0,27	-0,18	-0,24	-0,28	-0,24
Altura					1,00	0,73**	0,51**	0,73**	-0,02	-0,05	-0,08	-0,03	-0,04	-0,07	-0,06	-0,06
Peso aéreo seco						1,00	0,81**	1,00**	-0,13	-0,16	-0,13	-0,14	-0,10	-0,10	-0,10	-0,09
Peso fresco raíz							1,00	0,81**	0,08	0,06	0,15	0,11	0,19	0,11	0,11	0,03
Área foliar								1,00	-0,13	-0,16	-0,12	-0,14	-0,10	-0,10	-0,10	-0,08
Agallas/planta									1,00	0,88**	0,84**	0,83**	0,90**	0,75**	0,50**	
Diámetro de agalla										1,00	0,81**	0,94**	0,81**	0,74**	0,48**	
Nematodos/agalla											1,00	0,83**	0,93**	0,70**	0,44**	
Hembras/agalla												1,00	0,85**	0,69**	0,45**	
Juveniles/agalla													1,00	0,74**	0,48**	
Huevos/planta														1,00	0,89**	
Tasa de repro- ducción															1,00	

1/ Los asteriscos * y ** denotan significancia estadística a P = 0,001 y P = 0,0001, respectivamente.