

**INTERACCIONES DE LAS MICORRIZAS ARBUSCULARES (MA)  
CON *Meloidogyne incognita* y *Meloidogyne javanica*  
EN RAÍCES DE *Tabebuia rosea*.**

Silvana E. Yandar Erazo<sup>1</sup>  
Carlos A. Rivillas Osorio<sup>2</sup>

**RESUMEN**

En esta investigación, se evaluó el efecto de las MA en plantas de *Tabebuia rosea* y su relación con *Meloidogyne incognita* y *M. javanica*. El experimento se desarrolló en condiciones de invernadero en el Centro Nacional de Investigaciones de Café – Cenicafé. Las plántulas de *T. rosea*, se inocularon desde el germinador con la MA (inóculo comercial) y luego fueron transplantadas a bolsas. El efecto de la asociación de la MA se evaluó en tres sustratos (suelo+arena+turba, suelo esterilizado y suelo sin esterilizar). La inoculación del nematodo no afectó el porcentaje de colonización de la MA, el cual fue más alto en el sustrato suelo sin esterilizar (90%). Las plantas asociadas con la MA, mostraron menores valores de infección en sus raíces y aumentaron significativamente su crecimiento en ausencia o presencia del nematodo, con incrementos de 10,52% (peso seco de la raíz), 10,53% (peso seco aéreo), 23,7% (altura de las plantas) y 23,8% (diámetro del tallo), en relación con las plantas testigo. Sin embargo, la alimentación y reproducción del nematodo dentro de la raíz, fue alta, debido a la mayor nutrición y vigor del sistema radical, adquirido por la asociación simbiótica. Los testigos no toleraron el parasitismo del nematodo, y la aplicación del nematicida no tuvo efecto sobre su reproducción.

<sup>1</sup> Ingeniera Agroforestal. Trabajo de grado "Efecto de las micorrizas arbusculares en Guayacán rosado y su relación con nematodos del género *Meloidogyne* spp". Centro Nacional de Investigaciones de Café – CENICAFÉ.

<sup>2</sup> Investigador del Centro Nacional de Investigaciones de Café – CENICAFÉ. Manizales (Caldas).

El principal efecto de la inoculación temprana con la MA fue la habilidad para estimular notoriamente el crecimiento de las plantas, compensando el daño producido por el nematodo.

**Palabras claves:** micorriza arbuscular, *M. incognita* y *M. javanica*, protección, almácigo.

### ABSTRACT

The effect of Arbuscular Mycorrhizal Fungi (AMF) in plants of *Tabebuia rosea* and their relation to the root-knot nematodes *Meloidogyne incognita* and *M. javanica* was evaluated. The experiment was developed under greenhouse conditions at the Cenicafé. Plants of *T. rosea* were inoculated from the seedbed with the commercial inoculum and after were transferred to plastic bags. The effect of the association between AMF and the substrates soil+sand+peat, sterilized and not sterilized soil were evaluated. Nematodes did not affect the percentage of root colonization by the AMF, which showed the highest value in soil without sterilization (90%).

The plants associated with AMF showed the lowest values of nematode infection in their roots. At the end of the experiment, AMF inoculated plants showed a significant growth increase either in absence or in presence of nematodes. These increments were of 10,52% (dry root weight), 10,53% (dry shoot weight), 23,7% (plant height) and 23,8% (stem diameter) when compared to the control. Although a reduction of nematode infection in *T. rosea* roots was observed, feeding and reproduction of the parasite within the root were high, due to the greater nutrition and vigour of the radical system, acquired by the symbiotic association. The control did not tolerate the parasitism, and the application of nematicide did not have effect on the reproduction of the nematode.

The main effect of the AMF in the interaction with *M. incognita* and *M. javanica* in *T. rosea* plants was the ability to stimulate notoriously the growth of these plants, compensating the damage produced by the nematodes.

**Key words:** Arbuscular Mycorrhizal Fungi, *M. incognita* y *M. javanica*, protection, nursery.

## INTRODUCCIÓN

*Tabebuia rosea* (Guayacán rosado), es la segunda especie nativa más utilizada en las plantaciones forestales industriales en Colombia, y representa el 2.74% del total de especies nativas plantadas en el país (8.8%) (38).

Posee valiosas características, especialmente como especie maderable, de rápido crecimiento y de gran aceptación en la industria del mueble y la construcción. Sin embargo, el ataque de nematodos del complejo *Meloidogyne incognita* y *M. javanica*, han provocado grandes pérdidas en la producción de estas plantas durante la etapa de vivero, lo cual ha limitado su uso e implementación en el campo.

La agresividad, así como la importancia económica del daño de los nematodos, ha incrementado el uso intensivo de nematicidas, razón por la cual se ha fortalecido cada vez más el enfoque biológico, a través del uso de organismos antagonistas.

En este sentido, la inoculación temprana con micorrizas arbusculares (MA) ha mostrado incremento en la tolerancia de plantas por el mejoramiento en su nutrición o por ejercer un efecto supresivo sobre la reproducción del nematodo (Luc *et al.*, 1990).

Un incremento del estado nutricional, competencia por nutrientes y sitios de penetración, cambios anatómicos en las raíces, cambios microbiales en la rizosfera y activación de los mecanismos de defensa, han sido propuestos como posibles mecanismos antinematodos (Azcón y Barea 1992).

Un manejo que permita compensar o mitigar los daños producidos en la fase de vivero por el nematodo, haciendo uso de microorganismos benéficos, como son las MA, puede generar en los productores de especies forestales una alternativa biológica para enfrentar problemas fitosanitarios como el causado por *Meloidogyne incognita* y *M. javanica* en plantas de Guayacán rosado, contribuyendo a minimizar el impacto ambiental y económico, y a fortalecer la producción de este material, en condiciones adecuadas de calidad y cantidad, requeridas para ejecutar cualquier programa de reforestación.

## METODOLOGÍA

**Localización.** La investigación se realizó en el Centro Nacional de Investigaciones de Café - Cenicafé, Chinchiná (Caldas), el cual está ubicado a 5°00' de latitud norte y 75°36' de longitud oeste; a una altitud de 1425msnm, con una precipitación media anual de 2473mm, temperatura media de 21.3°C, humedad relativa de 79.8% y brillo solar de 1842 horas/año (CENICAFE, 1998). Las plantas durante el experimento estuvieron dentro de una casa de mallas.

**Material vegetal – recipiente para la germinación y transplante.** Para el experimento se utilizaron semillas de Guayacán rosado (*Tabebuia rosea*), las cuales germinaron en bandejas plásticas forestales. Las plántulas fueron transplantadas a bolsas plásticas negras de 17x23 cm con una capacidad de 2 kg.

**Sustratos de crecimiento.** Para la germinación de las semillas se utilizó el sustrato suelo+arena sin esterilizar. En el momento del transplante a la bolsa se emplearon los sustratos suelo+arena+turba esterilizados en proporción 1:1:1 (volumen/volumen/volumen); suelo esterilizado y suelo sin esterilizar. Se utilizó suelo proveniente de la Subestación Central Naranjal en Chinchiná (Caldas). La esterilización de los sustratos se realizó en una autoclave a 120°C y 15 lb de presión durante 2 horas.

**Micorriza Arbuscular (MA).** Se utilizó el inóculo comercial "Micorrizar", que se obtuvo de la empresa productora (Agrotecnia), en el municipio de Sevilla - Valle. Este inóculo se seleccionó con base en los resultados del análisis estadístico obtenido de la investigación realizada por Yandar (Yandar, 2006).

**Dosis de las MA.** El inóculo comercial se empleó utilizando una dosis de 15 g/pozo, conteniendo 12 esporas/g de suelo y fragmentos de raíces colonizados en 77%. La dosificación empleada corresponde a estudios realizados sobre dosis de inóculos comerciales realizados en Cenicafé (Rivillas, 1998).

**Extracción y cuantificación de esporas de MA del inóculo comercial.** Para obtener las esporas del inóculo evaluado se empleó la metodología

de tamizado húmedo, descrita por Gerdeman y Nicolson, modificada por Rivillas (1995).

**Inóculo de *Meloidogyne* spp.** Se empleó como inóculo de *Meloidogyne*, huevos del complejo *Meloidogyne incognita* y *M. javanica*, con una dosis de 2.500 huevos/planta. La producción del inóculo del nematodo, se realizó en raíces de tomate *Lycopersicon sculentum* var. Rutgers. Para la extracción de los huevos de *Meloidogyne incognita* y *M. javanica* se siguió la metodología descrita por Barker, citado por Hincapié y Leguizamón (1999).

**Nematicida.** Se utilizó el nematicida Carbofurano (Furadán 3% G), en dosis de 1 g por planta, el cual se aplicó en el sustrato alrededor de la planta. En los tratamientos que no fueron inoculados con el nematodo, la aplicación se hizo en el momento del transplante a la bolsa, y para los tratamientos inoculados con el nematodo, se aplicó una semana después de la inoculación con *Meloidogyne incognita* y *M. javanica*.

### **Desarrollo del experimento.**

La MA (inóculo comercial), se ubicó sobre el sustrato al momento de la siembra de la semilla, empleando 15 g de inóculo. Cada pozo de la bandeja forestal, se llenó con el sustrato suelo+arena sin esterilizar hasta el tercio superior de la cavidad y a partir de allí se colocó la capa de inóculo de la MA; finalmente se completó el llenado con el mismo sustrato.

Las semillas de Guayacán rosado se sembraron a un centímetro de profundidad en el sustrato. El nivel de humedad del sustrato se mantuvo a través de riegos diarios (agua de la llave), 45 días después de la siembra de la semilla, tiempo que se consideró adecuado para que se presentara la asociación simbiótica, se transplantó cada plántula a bolsas plásticas con una capacidad de 2 Kg en diferentes sustratos.

En el momento del transplante, se retiró de cada pozo de la bandeja la planta con el pilón, tratando de no disturbar el sustrato ni las raíces de las plantas. Las plantas permanecieron en condiciones de casa de malla, por un período de seis meses.

Se evaluaron los sustratos: suelo+arena+turba 1:1:1 (V/V/V), suelo esterilizado y suelo sin esterilizar. En cada sustrato se evaluaron las plantas inoculadas con la MA, y se tuvieron dos testigos que consistieron en plantas sin la MA en suelo sin esterilizar; el primero con aplicación de nematicida (testigo relativo), y el segundo sin nematicida (testigo absoluto). A su vez cada tratamiento (Tabla 1), se evaluó con y sin la inoculación de nematodos (modalidad), bajo un diseño experimental completamente aleatorio, en arreglo factorial 5x2 (cinco tratamientos, dos modalidades). De este modo se asignaron 10 tratamientos, cada uno con 12 unidades experimentales. La unidad experimental (U.E) estuvo conformada por una planta.

Treinta días después de la siembra de las plantas en la bolsa, se realizó la inoculación del nematodo en las raíces, en aquellos tratamientos que debían ser inoculados. Con este propósito se retiró parte del sustrato hasta encontrar raíces secundarias a las cuales se les inoculó con una micropipeta una suspensión de 2500 huevos de *Meloidogyne incognita* y *M. javanica*. Posteriormente, se taparon las raíces con el mismo sustrato. El nematicida se aplicó a los tratamientos correspondientes una semana después de la inoculación con los huevos.

**Tabla 1. Descripción de tratamientos.**

TRAT.	MODALIDAD	DESCRIPCIÓN
1	Sin inoculación de nematodos	Planta+IC (Suelo+arena+turba)
2		Planta+IC (Suelo esterilizado)
3		Planta+IC (Suelo sin esterilizar)
4		Planta-IC (Suelo sin esterilizar) + nematicida (momento de la siembra) (Testigo relativo)
5		Planta-IC (Suelo sin esterilizar) - nematicida (Testigo absoluto)
6	Con inoculación de nematodos	Planta+IC (Suelo+arena+turba)
7		Planta+IC (Suelo esterilizado)
8		Planta+IC (Suelo sin esterilizar)
9		Planta-IC (Suelo sin esterilizar) + nematicida (1 SD nematodo) (Testigo relativo)
10		Planta-IC (Suelo sin esterilizar) - nematicida (Testigo absoluto)

Las plantas se regaron con agua de la llave, manteniendo una adecuada humedad en el sustrato.

Treinta días después del transplante a la bolsa, se realizó una vez por semana hasta terminar el experimento, la fertilización con la solución nutritiva de Hoagland's al 25%, la cual tuvo la adición de macro y micro elementos.

Se realizaron dos evaluaciones en las plantas a los cinco y siete meses después de la inoculación con la MA, tomando aleatoriamente 6 unidades experimentales por tratamiento, en cada evaluación.

Las variables de respuesta fueron:

- *Porcentaje de Colonización de raíces por la MA.* Se utilizó la técnica de tinción de raíces con azul de tripano de Phillips y Hayman (1970), modificada por Rivillas. Posteriormente se hicieron 3 placas en las cuales se colocaron 5 raíces por cada placa.

Las raíces se observaron al microscopio y se contaron los campos totales observados y los campos colonizados con algunas de las estructuras de la MA (hifa, arbusculos, vesículas, esporas).

El porcentaje de colonización se obtuvo por medio de la siguiente relación:

$$\text{Colonización (\%)} = \frac{\text{Campos colonizados}}{\text{Campos observados}} \times 100$$

- *Número de estadíos del nematodo (Técnica enzimática).* Para determinar el número de estadíos, se tomó aleatoriamente 1 g de raíz con y sin nudosidades y se fijó para su montaje, siguiendo el método rápido con lactofenol de Franklin y Goodey, citado por Vergel (1999). Las variables complementarias fueron:

- *Porcentaje de infección de Meloidogyne incognita y M. javanica.* Se utilizó la escala de calificación para la infección de Meloidogyne propuesta

por Taylor, modificada para café por Leguizamón (1991), y ajustada para las raíces de Guayacán rosado por Yandar y Rivillas (Tabla 2).

**Tabla 2. Escala de calificación para la infección de *Meloidogyne spp.***

GRADO	DESCRIPCIÓN DEL DAÑO
1	Ausencia de daño.
2	Con una nudosidad y hasta el 10% de las raíces laterales afectadas. Sin nódulos en la raíz pivotante. Ausencia de bifurcación en la raíz principal.
3	Entre el 11 y el 25% de las raíces laterales con nudosidades. Raíz pivotante sin nudosidades. Ausencia de bifurcación en la raíz principal.
4	Entre el 26 y el 50% de las raíces laterales con nudosidades. Presencia ocasional de nódulos en la raíz pivotante. Inicio de bifurcación en la raíz principal.
5	Entre el 51 y 75% de las raíces laterales con nudosidades. Presencia de nódulos en la raíz pivotante y bifurcación en la raíz principal.
6	Más del 76% de las raíces laterales con nudosidades. Presencia de abundantes nódulos en la raíz pivotante y bifurcación de ésta.

- **Diámetro del tallo.** El diámetro del tallo (mm) se midió en la base del cuello de la raíz de cada planta, empleando un nonio digital.
- **Altura.** La altura de cada una de las plantas se midió (decámetro) desde la base del cuello de la raíz hasta la yema apical.
- **Peso fresco.** Esta variable se procesó para las raíces y parte aérea de cada una de las plantas. La parte aérea se separó de las raíces y éstas se



lavarón con agua de la llave para eliminarles el suelo adherido a ellas. Una vez lavadas y sin exceso de humedad (puestas sobre toallas de papel) se tomó el peso fresco de cada planta por tratamiento y repetición.

- **Peso seco.** Esta variable se determinó tanto para la parte aérea (tallo y hojas) como para las raíces. La parte aérea de la planta se separó de las raíces por el cuello. Las raíces se lavaron con agua a presión con el fin de desprender el suelo que queda en ellas para luego ser pesadas.

Después de obtenida la cantidad de raíz necesaria para la tinción y para estadíos, se llevaron las raíces dentro de bolsas de papel a una estufa a 80°C durante 3 días. Luego de esto se tomó el peso seco de cada planta.

**Análisis estadístico.** Se realizó un análisis de varianza bajo el diseño completamente aleatorizado en arreglo factorial 5x2, con las variables de respuesta.

Se evaluó la interacción tratamiento por modalidad y el efecto de los factores por separado, aplicando la prueba de Duncan al 5%, utilizando el programa estadístico SAS.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La primera evaluación se realizó 5 meses después de la inoculación con la MA y 2 meses después de la inoculación del nematodo *Meloidogyne incognita* y *M. javanica*; y la segunda 7 meses después de la inoculación con la MA y 4 meses después de la inoculación del nematodo.

**Colonización de raíces por la MA.** A los 5 y 7 meses después de la inoculación con la MA, se observó que las plantas de *T. rosea* asociadas con la MA e inoculadas con el nematodo, no mostraron diferencias estadísticas significativas en el porcentaje de colonización radical, comparadas con aquellas sin el nematodo. Es decir, que la colonización de la MA, no se vió afectada por la presencia del complejo *M. incognita* y *M. javanica* (Tabla 3).

**Tabla 3. Colonización en raíces de *T. rosea*, 5 y 7 meses después de la inoculación con la MA, bajo las modalidades con y sin nematodos.**

MODALIDAD	TRATAMIENTO	COLONIZACIÓN (%)			
		5 MESES		7 MESES	
		PROM.	CV (%)	PROM.	CV (%)
Sin nematodos	Plantas + MA (suelo+arena+turba)	41 b	60.47	43 c	43.2
	Plantas + MA (suelo esterilizado)	78 a	27.25	76 a	14.4
	Plantas + MA (suelo sin esterilizar)	86 a	17.18	78 a	25.8
	Plantas - MA (suelo sin esterilizar) + nematicida	28 b	51.23	50 bc	42.9
	Plantas - MA (suelo sin esterilizar)	21 b	69.04	37 c	77.1
Con nematodos	Plantas + MA (suelo+arena+turba)	38 b	62.75	71 ab	27.7
	Plantas + MA (suelo esterilizado)	69 a	38.46	81 a	10.3
	Plantas + MA (suelo sin esterilizar)	80 a	14.11	90 a	5.9
	Plantas - MA (suelo sin esterilizar) + nematicida	---	---	40 c	55.3
	Plantas - MA (suelo sin esterilizar)	---	---	52 bc	26.4

Promedios seguidos de la misma letra, no difieren estadísticamente; según prueba Duncan al 5%.

La asociación con una MA, genera cambios fisiológicos en la planta, los cuales pueden modificar el reconocimiento y establecimiento de los microorganismos que habitan en la rizosfera (Posta *et al.*, 1995); debido a que se ha detectado una acumulación de polisacáridos insolubles en la pared celular y un incremento en la producción de ligninas en el xilema de plantas asociadas con una MA (Nehemiah, 1977), por lo cual las MA son capaces de inducir protección sistémica contra patógenos y estos cambios metabólicos (incremento en la actividad de peroxidasa, acumulación de fitoalexinas y de proteínas, etc.) han sido relacionados con resistencia sistémica (Pozo *et al.*, 2002).

Algunos estudios reportan, que en plantas de banano no hubo efectos adversos de los nematodos noduladores sobre el porcentaje de colonización de la micorriza arbuscular (Jaizme *et al.*, 1997) y (Pinochet *et al.*, 1997), como también en otros cultivos perennes, como ciruelo, melocotón, cereza, manzana, membrillo y cítricos, la presencia de nematodos endoparásitos migratorios no presentaron influencia sobre la colonización o reducción del porcentaje de colonización (Pinochet *et al.*, 1997).

En este estudio, las plantas testigo (sin la MA) inoculadas con el nematodo, presentaron un bajo crecimiento y escaso desarrollo de raíces, las cuales mostraron altos porcentajes de infección causada por *M. incognita* y *M. javanica*. En consecuencia, la poca disponibilidad de raíces de esas plantas, no permitió medir la colonización a los 5 meses después de la inoculación con la MA.

Se observó que cuando las raíces no se asocian con una MA, y son inoculadas con un nematodo como *Meloidogyne*, éste se alimenta y se reproduce libremente, destruyendo severamente el sistema radical; mientras que cuando se asocia una MA a las raíces de las plantas, el nematodo es probable que disponga de un mayor sistema radical y por ende de alimento, pero el daño se ve compensado con la producción de nuevas raíces y de un sistema radical abundante, vigoroso y con algunas características de tener inducción de resistencia debido a la acción de estos hongos.

Se observó que a los 7 meses después de la inoculación con la MA, las raíces de plantas testigo con y sin inoculación de nematodos, presentaron colonización de MA nativas (40% testigo relativo y 52% testigo absoluto). La condición del sustrato sin esterilizar, favoreció el establecimiento, desarrollo y efectividad de la colonización en las raíces, debido a la presencia de micorrizas nativas colonizadoras de la rizosfera, las cuales ejercen un efecto de complementariedad con las MA introducidas.

Las plantas de *T. rosea* que se asociaron con la MA, mostraron diferencias estadísticas significativas en el porcentaje de colonización a los 5 meses después de la inoculación con la MA, presentando valores altos (78% en suelo esterilizado y 86% en suelo sin esterilizar), con respecto a las que

no se asociaron con la MA (testigo absoluto 28% y testigo relativo 21%) (Tabla 3). Con este resultado se pone en evidencia el beneficio de asociar MA introducidas, en suelo sin esterilizar, las cuales producen un efecto de complementariedad con las MA nativas presentes en el sustrato.

Las plantas en el sustrato suelo+arena+turba, presentaron un nivel más bajo de colonización a los 5 meses después de la inoculación con la MA, sin presentar diferencias estadísticas significativas con los testigos.

Posiblemente, la condición inerte de este sustrato, donde no están presentes otros microorganismos, y las características físicas (textura) no favorecieron el desarrollo de las hifas de la MA. Esta es una de las razones por las cuales el resultado biológico con las MA es relativo, puesto que los cambios en las condiciones básicas para su desarrollo, tales como pH del suelo, contenido de macro y micronutrientes, textura, interacción con otros microorganismos y tipo de hospedante hacen que los resultados sean diferentes (Castro, 2001).

Es de destacar la capacidad que tuvo la MA utilizada, en formar simbiosis con las raíces de Guayacán rosado, lo cual fue demostrado por los porcentajes de colonización obtenidos (Tabla 3).

La presencia del nematodo no afectó el proceso de colonización del hongo, mostrando que esta especie forestal tuvo señales favorables para la asociación con el inóculo de la MA. En este sentido Castro (Castro, 2001), menciona que con un inóculo comercial de MA, se logra un efecto de complementariedad, en el cual si una de las especies no es eficiente en alguna de sus funciones (toma, transporte y translocación de nutrientes, competencia con organismos patogénicos, formación de agregados del suelo, etc.), las otras pueden realizarlas.

#### **Infección de raíces causada por *Meloidogyne incognita* y *M. javanica*.**

A los 2 y 4 meses después de la inoculación con el nematodo, las raíces de las plantas de *T. rosea* que no se inocularon con el nematodo, no presentaron nudosidades, por tanto no hubo presencia de nematodos nativos. Se observó solo infección en las raíces de las plantas que se inocularon con el nematodo.

A los dos y cuatro meses después de la inoculación con el nematodo, las raíces de las plantas de *T. rosea*, no mostraron diferencias estadísticas significativas por efecto de los diferentes sustratos y la interacción con la MA en el porcentaje de infección (Tabla 4).

Sin embargo, se observaron valores más altos de infección (44% y 88%, a los 2 y 4 meses, respectivamente), en las raíces de las plantas que solo tuvieron al nematodo (Testigo absoluto), lo cual indica que al no asociar las raíces con la MA, el ataque del nematodo fue más severo y causó una notoria disminución en el número de raíces como consecuencia de su alimentación.

Cuando las raíces de las plantas se inocularon con el nematodo y se aplicó nematicida (Testigo relativo), se observó una tendencia en la disminución de la infección provocada por el nematodo (26% y 59%, a los 2 y 4 meses, respectivamente), dejando entrever una posible acción del producto sobre el ciclo de vida de este patógeno. Sin embargo, independientemente de la infección, las plantas correspondientes a los dos testigos evaluados, mostraron un menor desarrollo de las raíces y aéreo, en comparación con aquellas que se asociaron con la MA y que tuvieron la inoculación del nematodo.

Cuatro meses después de la inoculación con el nematodo, la infección en las raíces aumentó en todos los tratamientos, con respecto a la primera evaluación, mostrando que a través del tiempo, el nematodo continuó su ciclo de reproducción, y se produjeron nuevos juveniles que infectaron otros sitios en la raíz. Sin embargo, el incremento en la infección fue considerablemente más alto, en las plantas testigo (testigo relativo 59% y testigo absoluto 88%), mostrando que no tuvieron protección y tolerancia a la actividad del nematodo (Tabla 4).

En las plantas asociadas con la MA, la infección tuvo valores más bajos, lo cual según autores como Hayman (1982), Jalali y Jalali (1991) y Smith (1987) puede estar asociado a una fortificación de las paredes celulares por un incremento en la producción de polisacáridos y un incremento de la lignificación o suberización, inducidos por la MA, lo cual impide la penetración del nematodo fitoparásito.

**Tabla 4. Infección de las raíces de *T. rosea*, 2 y 4 meses después de la inoculación con *M. incognita* y *M. javanica*.**

MODALIDAD	TRATAMIENTO	INFECCIÓN (%)			
		2 MESES		4 MESES	
		PROM.	CV (%)	PROM.	CV (%)
Con nematodos	Planta + MA (Suelo+arena+turba)	26 a	36	35 a	58
	Planta + MA (Suelo esterilizado)	28 a	30	48 a	56
	Planta + MA (Suelo sin esterilizar)	26 a	63	44 a	43
	Planta - MA (Suelo sin esterilizar + nematicida)	26 a	0	59 a	58
	Planta - MA (Suelo sin esterilizar)	44 a	12	88 a	9

La presencia del nematodo en las raíces de las plantas testigo, produjo un mayor nivel de infección en las raíces, mostrando sus consecuencias en un pobre desarrollo de la planta, debido a la destrucción severa del sistema radical, mientras que las raíces en simbiosis con el hongo, tuvieron un sistema radical abundante a pesar de presentar también infección por el nematodo.

Número de estadios de *Meloidogyne incognita* y *M. javanica*. Al evaluar el número de estadios, las plantas de *T. rosea* a los 2 y 4 meses después de la inoculación con el nematodo no mostraron diferencias estadísticas significativas por efecto del sustrato o la MA, en el número de huevos, larvas (Tabla 5) y hembras (Tabla 6). A pesar de no existir entre tratamientos diferencias estadísticas significativas por este concepto, se observó un incremento en el número de huevos y hembras del nematodo en las raíces

con presencia de la MA, lo cual coincide con lo encontrado por Estañol *et al.*, (1999), quienes al combinar el hongo *Glomus intraradices* y *Glomus spp.* con el nematodo *M. chitwoodi*, se incrementó el número de hembras en el interior de la raíz de las plantas de maíz.

Ese resultado se asoció al hecho que la mayor cantidad de agua, nutrimentos y asimilados propios de la planta e implicados en la asociación con la MA es aprovechado en el establecimiento del nematodo a nivel radical.

A los 2 meses después de la inoculación con el nematodo, las plantas testigo fueron altamente susceptibles al daño ocasionado por éste, reflejando un escaso crecimiento y desarrollo, que limitó la evaluación de los estadios del nematodo en el testigo absoluto.

**Tabla 5. Estadios del nematodo (huevos y larvas) encontrados en 1g de raíz de *T. rosea*, 2 y 4 meses después de la inoculación con *M. incognita* y *M. javanica*.**

MODALIDAD	TRATAMIENTO	HUEVOS				LARVAS			
		2 MESES		4 MESES		2 MESES		4 MESES	
		PROM	CV (%)	PROM	CV (%)	PROM	CV (%)	PROM	CV (%)
Con nematodos	Planta+MA (Suelo+arena+turba)	232 a	81	970 a	124	51 a	69	64 a	80
	Planta+MA (Suelo esterilizado)	455 a	60	3289 a	39	139 a	54	419 a	103
	Planta+MA (Suelo sin esterilizar)	1432 a	95	2798 a	81	140 a	60	297 a	116
	Planta-MA (Suelo sin esterilizar) + nematicida	442 a	130	3403 a	71	177 a	70	663 a	131
	Planta-MA (Suelo sin esterilizar)	—	—	1874 a	61	—	—	357 a	162

**Tabla 6. Estadios del nematodo (hembras) encontrados en 1 g de raíz de *T. rosea*, 2 y 4 meses después de la inoculación con *M. incognita* y *M. javanica*.**

MODALIDAD	TRATAMIENTO	HEMBRAS			
		2 MESES		4 MESES	
		PROM	CV (%)	PROM	CV (%)
Con nematodos	Planta+MA (Suelo+arena+turba)	5 a	163	198 a	75
	Planta+MA (Suelo esterilizado)	4 a	245	313 a	58
	Planta+MA (Suelo sin esterilizar)	37 a	145	241 a	73
	Planta-MA (Suelo sin esterilizar) + nematicida	22 a	119	97 a	55
	Planta-MA (Suelo sin esterilizar)	----	----	201 a	42

En este trabajo, la asociación temprana de las raíces de *T. rosea* con la MA, estimuló notoriamente el desarrollo radical y aéreo de las plantas, siendo ésta, una condición favorable para la reproducción del nematodo, debido a la abundante y permanente disposición de alimento que le ofreció la planta. Sin embargo el daño ocasionado por el nematodo, fue compensado con una mayor nutrición y tolerancia adquirida por las plantas con la MA para afrontar ese parasitismo, sin presentarse una depresión en el crecimiento, a diferencia de las plantas sin la MA.

Los resultados obtenidos en este trabajo confirman lo manifestado por Jaramillo (2001), quien demostró que plantas de banano inoculadas con una especie de micorriza tienden a albergar mayores cantidades de *Meloidogyne* o de *Pratylenchus* en sus raíces. Esto indica posiblemente una mayor tasa o una alta tasa de multiplicación de estos nematodos en las plantas con la MA, debido al efecto del hongo de producir una mayor cantidad de raíces y a la disponibilidad de alimento.

El proceso infectivo del nematodo en las raíces de las plantas testigo de *T. rosea*, generó rápidamente un detrimento en la capacidad de absorción de nutrientes por parte de las raíces, afectando notoriamente su crecimiento



y desarrollo, mostrando que en ausencia del simbionte, no hubo tolerancia de las plantas al ataque del nematodo.

Estañol (1999) encontró, que el nematodo durante la formación de sitios de alimentación en el interior de la raíz, afectó el rendimiento del cultivo de maíz, debido a que posiblemente alteró el transporte de agua y nutrimentos por el cilindro vascular.

Azcón y Barea (1992) manifiestan que la protección efectiva de las MA contra nematodos fitoparásitos es probablemente una consecuencia de algunos mecanismos. Estos autores también proponen como posibles mecanismos anti-nematodos al incremento del estado nutricional, competencia por nutrientes y sitios de penetración, cambios anatómicos en las raíces, cambios microbiales en la rizosfera y activación de los mecanismos de defensa.

Benhamou *et al.*, (1994), comentan que la colonización de la MA causa una leve y transitoria activación de la ruta metabólica, relacionada con los mecanismos de defensa a la enfermedad. Esta respuesta ha sido con frecuencia interpretada como un proceso de elicitación, predisponiendo a la planta a ser más resistente a los cambios producidos por el patógeno. Por otra parte, Pozo *et al.*, (2002) han sugerido la acumulación de compuestos, tales como fenoles, hormonas y fitoalexinas, las cuales están involucradas en la respuesta de defensa normal de la planta.

Crecimiento y desarrollo de las plantas de *T. rosea*. A los 5 y 7 meses después de la siembra de la semilla, las plantas de *T. rosea* no se afectaron por la presencia del nematodo, en el peso fresco de raíz, peso fresco aéreo, peso seco de raíz, peso seco aéreo (Tabla 7), altura, y diámetro de las plantas (Tablas 8). En las dos evaluaciones, las plantas de *T. rosea*, tuvieron igual desarrollo y crecimiento, con y sin la inoculación de *Meloidogyne incognita* y *M. javanica*.

Como consecuencia de estos resultados, en cada evaluación, se analizaron conjuntamente las plantas con y sin nematodos correspondientes al mismo tratamiento, para conocer el efecto de cada tratamiento por separado, a manera de contrastes ortogonales.

**Tabla 7. Peso fresco y peso seco de las plantas de *T. rosea*, bajo las dos modalidades, 5 y 7 meses después de la siembra de la semilla.**

MODALIDAD	PESO FRESCO (g)				PESO SECO (g)			
	5 MESES		7 MESES		5 MESES		7 MESES	
	Raíz	Aéreo	Raíz	Aéreo	Raíz	Aéreo	Raíz	Aéreo
	PROMEDIOS							
Con nematodos	8.93 a	9.66 a	25.37 a	23.69 a	1.64 a	2.03 a	4.50 a	7.30 a
Sin nematodos	6.85 a	8.61 a	20.69 a	23.68 a	1.25 a	1.92 a	3.74 a	8.16 a

Promedios seguidos de la misma letra, no difieren estadísticamente; según prueba de diferencia mínima significativa al 5%.

**Tabla 8. Altura y diámetro de las plantas de *T. rosea*, bajo las dos modalidades, 5 y 7 meses después de la siembra de la semilla.**

MODALIDAD	ALTURA (cm)		DIAMETRO (cm)	
	5 MESES	7 MESES	5 MESES	7 MESES
	PROMEDIOS			
Con nematodos	13.40 a	23.38 a	0.65 a	1.13 a
Sin nematodos	13.17 a	24.24 a	0.67 a	1.11 a

Promedios seguidos de la misma letra, no difieren estadísticamente; según prueba de diferencia mínima significativa al 5%.

Las plantas de *T. rosea*, tanto a los 5 y 7 meses de edad, mostraron diferencias estadísticas significativas a favor de las plantas inoculadas con la MA, las cuales tuvieron aumento en el peso fresco y seco de las plantas (Tabla 9), así como de su altura y diámetro (Tabla 10), independiente de la presencia o ausencia del nematodo. Aunque se encontraron altas poblaciones del nematodo en presencia de la MA, la producción de biomasa en estas plantas fue mayor que en las plantas sin la MA, las cuales presentaron los valores más bajos en el crecimiento. A los 5 meses de edad, las plantas de

*T. rosea* asociadas con la MA, presentaron en los diferentes sustratos evaluados significativos incrementos en su crecimiento; sin embargo, se destacan los valores obtenidos en los sustratos suelo sin esterilizar y suelo+arena+turba, los cuales no tuvieron diferencias estadísticas significativas por este concepto. Los valores fueron más altos en el desarrollo radical y en la altura de las plantas asociadas con la MA, en el sustrato suelo sin esterilizar (2.84 g de peso seco de raíz y 17.98 cm de altura) a los obtenidos con el testigo absoluto (0.27 g y 7.58 cm, respectivamente), (Tablas 9 y 10).

Las plantas asociadas con la MA en este sustrato incrementaron en 10,52% el peso seco de la raíz y en 237% la altura de las plantas, comparadas con el testigo. El desarrollo de la parte aérea y el diámetro del tallo de las plantas inoculadas con la MA, no presentó diferencias estadísticas entre sustratos; sin embargo, se observó una tendencia de mayor crecimiento en el sustrato suelo+arena+turba, con un peso seco aéreo de 3.11 g y diámetro de 0.88 cm, con respecto a las plantas sin la MA que tuvieron 0.31 g y 0.37 cm respectivamente, registrando un incremento de 1.003% en el peso seco aéreo y 2.38% en el diámetro del tallo con respecto al testigo.

**Tabla 9. Peso fresco (g) y peso seco (g) de las plantas de *T. rosea*, 5 y 7 meses después de la siembra de la semilla.**

MODALIDAD	TRATAMIENTO	PESO FRESCO (g)				PESO SECO (g)			
		5 MESES		7 MESES		5 MESES		7 MESES	
		Raíz	Aéreo	Raíz	Aéreo	Raíz	Aéreo	Raíz	Aéreo
<b>PROMEDIOS</b>									
Plantas con y sin nematodos	Planta+MA (Suelo+arena+turba)	12.39 ab	14.43 a	43.45 a	32.97 a	2.09 ab	3.11 a	6.90 a	11.35 a
	Planta+MA (Suelo esterilizado)	9.01 b	11.01 a	25.43 b	32.22 a	1.51 b	2.71 a	5.61 ab	10.76 a
	Planta+MA (Suelo sin esterilizar)	13.55 a	14.39 a	28.35 b	27.40 a	2.84 a	2.97 a	4.85 b	9.28 a
	Planta-MA (Suelo sin esterilizar) + nematicida	2.60 c	3.45 b	11.15 c	15.99 b	0.41 c	0.62 b	2.21 c	4.68 b
	Planta-MA (Suelo sin esterilizar)	1.26 c	1.71 b	6.76 c	9.84 b	0.27 c	0.31 b	1.04 c	2.56 b

Promedios seguidos de la misma letra, no difieren estadísticamente (Prueba Duncan al 5%).

**Tabla 10. Altura (cm) y diámetro (cm) de las plantas de *T. rosea*, 5 y 7 meses después de la siembra de la semilla.**

MODALIDAD	TRATAMIENTO	ALTURA (cm)				DIAMETRO (cm)			
		5 MESES		7 MESES		5 MESES		7 MESES	
		PROMEDIOS							
Plantas con y sin nematodos	Planta+MA (Suelo+arena+turba)	15.23 ab	27.80 a	0.88 a	1.48 a	15.23 ab	27.80 a	0.88 a	1.48 a
	Planta+MA (Suelo esterilizado)	14.72 b	28.21 a	0.73 a	1.28 a	14.72 b	28.21 a	0.73 a	1.28 a
	Planta+MA (Suelo sin esterilizar)	17.98 a	25.58 ab	0.86 a	1.29 a	17.98 a	25.58 ab	0.86 a	1.29 a
	Planta-MA (Suelo sin esterilizar) + nematicida	10.45 c	21.46 bc	0.44 b	0.86 b	10.45 c	21.46 bc	0.44 b	0.86 b
	Planta-MA (Suelo sin esterilizar)	7.58 c	16.01 c	0.37 b	0.70 b	7.58 c	16.01 c	0.37 b	0.70 b

Promedios seguidos de la misma letra, no difieren estadísticamente (Prueba de Duncan al 5%).

Los resultados de este trabajo, coinciden con los encontrados por Bonilla *et al.*, (1998) en *Guadua angustifolia* en vivero, en el cual 90 días después de ser inoculados los chusquines con *Acalulospora longula*, *Glomus sp.*, *Scutellospora gilmori*, *S. calospora* y *Entrophospora colombiana* mostraron diferencias altamente significativas e influencia positiva en la altura y mayor desarrollo radical como consecuencia de la inoculación con estos hongos.

Ferrera (1987), Gironza y Mamian (1988), encontraron que de igual manera que las MA aumentaron significativamente la altura de las plantas de cebolla, papaya, fresa, tomate de árbol, lulo, curuba y granadilla.

A los 7 meses de edad, las plantas de *T. rosea* asociadas con la MA, registraron un incremento en peso fresco de raíz (64,3%), peso fresco aéreo (33,5%), peso seco de raíz (66,4%), peso seco aéreo (44,3%) (Tabla 9), altura (17,6%) y diámetro (21,1%) (Tabla 10), con respecto al testigo absoluto.

El peso fresco y seco de la raíz de las plantas asociadas con la MA, mostró diferencias estadísticas significativas, a favor del sustrato suelo+arena+turba, con respecto a los sustratos suelo esterilizado y sin esterilizar.

Rivillas (1998), evaluó a los 7 meses, plantas de café inoculadas con *G. manihotis* y con el inóculo comercial "Micorrizar", las cuales mostraron un peso fresco total de 15 y 22 g, respectivamente, comparado con el testigo que obtuvo 2 g de peso fresco.

Pérez y Ferrera (1997); observaron que plantas de *Prunus capuli* inoculadas con diferentes especies de MA, incluyendo *Glomus aggregatum*, *G. fasciculatum*, *G. intraradix*, *Gigaspora margarita* y *Glomus spp.*, produjeron incrementos hasta de 15,00% en peso seco respecto a plantas sin inocular. Similares incrementos se observaron en casi todos los parámetros evaluados (altura, diámetro, número de hojas, área foliar y volumen radical).

Varios estudios en gramíneas, coinciden en que hay aumento en el peso seco de la parte aérea debido a la inoculación con diferentes especies de MA, entre los que sobresalen los géneros *Glomus* y *Acaulospora* (Bonilla *et al.*, 1998). Gironza y Mamian (1988), afirman que la inoculación con MA mejora la absorción de nutrientes, lo cual repercute en ganancia de peso seco. Se demostró el beneficio de la MA en los diferentes sustratos sobre el incremento en la biomasa vegetal de las plantas de *T. rosea*. El crecimiento y vigor de las plantas en simbiosis, independientes del sustrato, fue notoriamente superior, a las plantas testigo.

En las dos evaluaciones, la respuesta al crecimiento en todas las variables evaluadas fue similar, mostrando un efecto de estimulación sobre el desarrollo de las plantas de *T. rosea*, por efecto de la MA inoculada. Los resultados obtenidos, corroboran las investigaciones de Blomme (2000), quien demostró que el desarrollo de la raíz está relacionado al desarrollo aéreo, especialmente en la primera etapa vegetativa.

De acuerdo con Smith *et al.*, (1992), los efectos benéficos de la colonización con la MA sobre el crecimiento de las plantas ha sido atribuido al incremento en la toma de nutrientes, especialmente el fósforo. Sin embargo, según Pinochet *et al.*, (1997), la respuesta al crecimiento observada en plantas

asociadas con la MA, parece implicar otros elementos, como Ca, Mg y micro-elementos.

Alarcón y Ferrera (1996), Alarcón *et al.*, (1997) y Olalde (1997), demostraron en estudios en invernadero, que la asociación simbiótica de los hongos micorrícicos en las raíces de las plantas produce diversos cambios o modificaciones a nivel fisiológico, entre los que se destacan los incrementos en la actividad fotosintética, por efecto de la mayor capacidad de fijación de CO<sub>2</sub> y, por consiguiente, el incremento de las tasas de crecimiento y biomasa producida, en las plantas asociadas con una MA presentan en comparación con las plantas testigo.

Las plantas de *T. rosea* respondieron favorablemente a la colonización por la MA, en presencia o ausencia de *Meloidogyne incognita* y *M. javanica*, confirmando un efecto protector significativo contra este patógeno y un incremento en la capacidad para la toma de nutrientes, lo cual se reflejó en un incremento del crecimiento de la planta y una menor infección en las raíces. Desde el punto de vista práctico, la inoculación temprana con la MA desde el germinador en *T. rosea*, es importante para el desarrollo de las plantas en el almácigo, etapas en las cuales estas plantas son más susceptibles, de ser atacadas por nematodos.

Al respecto, Hussey y Roncadori (1982), mencionan que la pre-inoculación con hongos MA reducen significativamente la infección en las raíces producidas por nematodos noduladores. La habilidad de las plantas micorrizadas para crecer satisfactoriamente desafiando la infección del nematodo es generalmente considerada el principal efecto del hongo o la interacción del hospedante con el patógeno (Cenicafé, 1998).

Ferrera y González (1994), Alarcón *et al.*, (1996) y Alarcón (1997), mencionan que es precisamente en la fase temprana, donde la aplicación de la inoculación y manejo de las micorrizas arbusculares representan alto potencial, ya que la micorriza arbuscular actúa como acelerador del crecimiento, por lo que se pueden obtener plantas con mayor vigor y sanidad. Por su parte, Jaizme *et al.*, (1997) confirmaron los efectos benéficos de la colonización temprana con las MA durante la fase inicial de crecimiento de plantas de banano.

## CONCLUSIONES

La colonización de la MA en las raíces de las plantas, no se afectó por la presencia del complejo *Meloidogyne incognita* y *M. javanica*. Las raíces de *T. rosea* tuvieron alta colonización por la MA en los sustratos de suelo+arena+turba, suelo esterilizado y suelo sin esterilizar. En este último sustrato se obtuvo la mayor de colonización.

Los niveles de infección de *Meloidogyne incognita* y *M. javanica* en las raíces de *T. rosea*, fueron menores en las raíces asociadas con la MA. La presencia de la MA, permitió en algunos casos pero igualmente limitó en otros, la reproducción del nematodo.

La inoculación temprana (fase de germinador) con la MA, incrementó significativamente el crecimiento de las plantas en ausencia o presencia del nematodo, en relación con las plantas testigo no asociadas con el hongo, compensando de este modo, el daño producido por el complejo *M. incognita* y *M. javanica*.

Las plantas testigo no toleraron el parasitismo del nematodo y la aplicación del nematicida no tuvo efecto sobre la reproducción y la infección causada por el nematodo en las raíces de *T. rosea*.

## BIBLIOGRAFIA

AZCÓN A, C.; y BAREA, J.M. Interactions between mycorrhizal fungi and other rhizosphere microorganisms. In: ALLEN, M.J. Mycorrhizal functioning, an integrative plant-fungal process. New York: Routledge, Chapman and Hall Inc., 1992. p. 163-198.

ALARCÓN, A. Manejo de la micorriza arbuscular a nivel de vivero. In: Memorias del VI Congreso Nacional de Micología/IX Jornadas Científicas. Tapachula, Chiapas, 1997. p 49.

ALARCÓN, A.; y FERRERA, R. Dinámica de colonización y efecto de hongos endomicorrícicos sobre el crecimiento de *Casuarina equisetifolia* L. In: PÉREZ, J.; y FERRERA, R. Nuevos horizontes en agricultura: Agroecología y desarrollo sustentable. México: Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas, 1996. p. 298-302.

ALARCÓN, A.; FERRERA, R.; ALMARAZ, J.; y VILLEGAS, A. Distribución de carbohidratos y fósforo en la simbiosis *Citrus volkameriana*-*Glomus* spp. In: ORDAZ, V.; ALCÁNTAR, G.; CASTRO, C.; y MEJÍA, M. La investigación edafológica en México. Xalapa, Veracruz: Memorias del XXVIII Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo, 1997.

ALARCÓN, A.; FERRERA, R.; VILLEGAS, A.; GONZÁLEZ, M.; y ALMARAZ, J. Respuesta del portainjerto *Citrus volkameriana* tolerante al virus de la tristeza, a la inoculación endomicorrízica. In: Programa y Resúmenes del 1er. Symposium Nacional de la Simbiosis Micorrízica. Xalapa, Veracruz, 1996. p. 32.

BENHAMOU, N.; FORTIN, J.A.; HAMEL, C.; ARNAUD, M.; y SHATILA, A. Resistance response of mycorrhizal Ri T-DNA transformed carrot roots to infection by *Fusarium oxysporium* f. sp. *Chrysanthemi*. *Phytopathology*. 1994. Vol 84: 958-968.

BLOMME, G. The inter-dependence of root and shoot development in banana (*Musa* spp.) under field conditions and the influence of different biotic and abiotic factors on these relationships. *Dissertationes of Agriculture*. 2000. Vol. 421.



- BONILLA C, F.E.; ESPINOSA R, J.C.; y SANCHEZ, M. Inoculación y evaluación de hongos endomicorrizicos en *Guadua angustifolia* Kunth en etapa de vivero. En: Acta agronómica. 1998. Vol. 48 (1-2): 71-76.
- CASTRO, T., A.M. Efecto de *Entrophospora colombiana*, *Glomus manihotis* y *Burkholderia cepacia* en el control de *Roselinia bunodes* Berk. y Br. agente causante de la Llaga negra del cafeto. Manizales, 2001. Trabajo de grado (M.Sc. en Fitopatología). Universidad de Caldas. Facultad de Ciencias Agropecuarias. 220 p
- CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFÉ, Colombia. Anuario meteorológico 1998. Chinchiná: Cenicafé, 1998. 515 p.
- ESTAÑOL B, E.; FERRERA C, R.; SOSA M, C.; SANTIZO R, J.A.; y QUINTERO L, R. Interacción del nematodo *Meloidogyne chitwoodi* con tres especies de hongo *Glomus* sp. en la producción y distribución de materia seca de plantas jóvenes de maíz. Terra. 1999. Vol. 17 (1): 17-25.
- FERRERA, R. La endomicorriza (VA) en la producción agrícola, frutícola y forestal. En: Revista mexicana de Fitopatología. México. 1987. Vol. 5 (2): 150-158.
- FERRERA, R.; y GONZÁLEZ, M. Bioproducción de frutales a nivel de vivero. In: 1a. Reunión Internacional de frutales nativos e introducidos con demanda nacional e internacional. México: Colegio de Postgraduados, 1994. p. 206-222.
- GIRONZA, M.; y MAMIAN, R. Influencia con MVA sobre el crecimiento de tomate de árbol, *Cyphomandra betacea*, lulo *Solanum quitoense*, curuba *Pasiflora molisima* y granadilla *Pasiflora edulis* en la etapa de vivero. Pasto: Universidad de Nariño, 1988. 140 p.
- HAYMAN, D.S. The physiology of vesicular-arbuscular mycorrhizal symbiosis. Can. J. Bot. 1982. Vol. 6: 944-963.
- HINCAPIÉ, D.; LEGUIZAMÓN, J. Efecto de *Verticillium chlamydosporium* en el control de *Meloidogyne* spp. en almácigos de café, Var. Caturra. En:

HUSSEY, R. S.; y RONCADORI, R.W. Vesicular-arbuscular mycorrhizae may limit nematode activity and improve plant growth. *In*: Plant Disease. 1982. Vol. 66 (1): p.9-14.

JAIZME V, M.C.; TENOURY, P.; PINOCHET, J.; y JAUMONT, M. Interactions between the root-knot nematode *Meloidogyne incognita* and *Glomus mosseae* in banana. *In*: Plant and Soil. 1997. Vol. 196 (1): 27-35.

JALALI, B.L.; y JALALI, I. Mycorrhiza in plant disease control. *In*: ARORA, K.; RAI, B.; MUKERJI, K.G.; KNUDSEN, G.R. Handbook of Applied Mycology. New York: Dekker, 1991. p. 305-332.

JARAMILLO Z., M. Efecto de *Glomus manihotis* y *G. fistulosum* en el manejo de nematodos fitopatógenos en plantas micropropagadas de plátano Dominico Harton y banano Gran Enano. Medellín, 2001, 91 p. Trabajo de grado (Ingeniera Agrónoma). Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias.

LEGUIZAMÓN C., J.E. Efecto de *Meloidogyne* en plantaciones establecidas de café var. Caturra. *En*: CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFÉ. Informe anual de la Disciplina de Fitopatología. Chinchiná: Cenicafé, 1991. s.p

LUC, M; SIKORA, A; y BRIDGE, J. Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture. *In*: Luc, M.; Sikora, A.; y Bridge, J. CAB International. Wallingford: United Kingdom, 1990. 629 p.

NEHEMIAH, J. Untersuchungen über den Einfluss des endotrophen Mycorrhizapilzes *Glomus mosseae*. Ger & Trappe (*Endogone mosseae*, Nicolson & Gerd.) auf *Zea mays* L. Doctoral Dissertation. West Germany: Rheinischen Friedrich-Wilhelms Univ. Bonn, 1977. s.p.

OLALDE, P.V. Fisiología de plantas micorrizadas. *In*: Memorias del VI Congreso Nacional de Micología/IX Jornadas Científicas. Tapachula, Chiapas, 1997. p 51.

PÉREZ M, J.; y FERRERA C, R. Mycorrhizal Interactions with Plants and

Soil Organisms in Sustainable Agroecosystems. In: BRUSSAARD, L.; y FERRERA, R. Soil, ecology in sustainable agricultura systems. New York: CRC, 1997. p. 91 – 112.

PHILLIPS, J.M.; y HAYMAN, D.J. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. In: *Transactions of the British Mycological Society*. 1970. Vol. 55: 158-161.

PINOCHET, J.; FERNANDEZ, C.; JAIZME V, M.; y TENOURY, P. Micropropagated banana infected with *Meloidogyne* responds to *Glomus intraradices* and phosphorus. *HortScience*. 1997. Vol. 32: 101-103.

PINOCHET, J.; CAMPRUBI, A.; y CALVET, C. Effects of the root-lesion nematode *Pratylenchus vulnus* and the mycorrhizal fungus *Glomus mosseae* on the growth of EMLA-26 apple rootstock. *Mycorrhiza*. Vol. 4 (1993); p. 79-83.

POSTA, K.; MARSCHNER, H.; y ROHELD, V. Manganese reduction in the rhizosphere of mycorrhizal and nonmycorrhizal maize. *Mycorrhiza*. 1995. Vol. 5 (2): 119-124.

POZO, M.J.; DESCHAUMES, S.; DUMAS, E.; GIANINAZZI, S.; y AZCÓN, C. Plant defense responses induced by arbuscular mycorrhizal fungi. In: GIANINAZZI, S. *et al.*, *Mycorrhizal Technology in Agriculture*. Boston: Birkhäuser Verlag, 2002. p. 103–111.

RIVILLAS O, C.A. Evaluación del daño económico ocasionado por la llaga macana del cafeto. En: CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFÉ. CHINCHINA. Informe Anual de Actividades de la Disciplina de Fitopatología. Chinchiná: Cenicafé, 1998. 22 p.

RIVILLAS O, C.A. Evaluación de plantas de café de la variedad Colombia inoculadas con un inóculo comercial y *Glomus manihotis*. En: CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFÉ. Informe anual de la disciplina de Fitopatología. Chinchiná : Cenicafé. 1998.

disciplina de Fitopatología. Chinchiná : Cenicafé. 1998.

RIVILLAS O, C.A. The effects of arbuscular mycorrhizal fungi on two different coffee varieties from Colombia and their biochemical detection in roots. Kent, 1995, 88 p. Tesis (M.Sc. in Microbiology). University of Kent. Faculty of Natural Sciences.

SMITH, G.S. Interactions of nematodes with mycorrhizal fungi. In: VEECH, J.A.; y DICKSON, D.W. Vistas on Nematology USA: Society of Nematologist, 1987. p. 307-312.

SMITH, S.E.; ROBSON, A.; y ABBOTT, L.K. The involvement of mycorrhizas in assessment of genetically dependent efficiency of nutrient uptake and use. *Plant Soil*. Vol. 146 (1992); p. 169-179.

SISTEMA TÉCNICO ESTADÍSTICO PARA PLANTACIONES FORESTALES INDUSTRIALES EN COLOMBIA. Boletín SITEP. 1999. Vol. 3 (5): p.4-5.

VERGEL C., D.M. Metodología de evaluación de la resistencia a nematodos del nudo radical (*Meloidogyne* spp.) en *Coffea* spp y evaluación de germoplasma de café. Santafé de Bogotá, 1999. Trabajo de grado (M. Sc. en Fitopatología). Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Agronomía. 129 p

YANDAR E., S.E. Efecto de las micorrizas arbusculares en Guayacán rosado *Tabebuia rosea* y su relación con nematodos del género *Meloidogyne* spp. Manizales, 2006. Trabajo de grado (Ing. Agroforestal). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas. 152 p.