

Respuesta de cepas de hongos micorrizógenos (HMA) sobre el desarrollo de posturas de cafeto. Parte III. Suelo ferralítico rojo de montaña

Ciro Sánchez (1), Damián Caballero (2), Ramón Rivera (3), René Cupull (1), Ceferino González (1), Merardo Ferrer (1) e Yraida Delgado (1).

(1) Estación de Investigaciones de Café Jibacoa, Manicaragua, Villa Clara.

(2) Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Villa Clara.

(3) Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), San José de las Lajas, La Habana, Cuba.

E-mail: invcafe@cima.vcl.cu

rrivera@inca.edu.cu

RESUMEN. El trabajo se desarrolló durante tres campañas de vivero en la localidad El Rincón, en el municipio de Manicaragua, provincia de Villa Clara, a una altura de 340 msnm, con el objetivo de determinar el comportamiento de diferentes especies de hongos formadores de micorrizas vesículo-arbusculares (HMA) sobre la producción de posturas de cafeto en un suelo ferralítico rojo lixiviado. Se utilizó un diseño de bloques al azar con tres réplicas y 16 tratamientos. A los siete meses de sembradas las posturas, se evaluó: altura, diámetro del tallo, número de pares de hojas, área foliar; masa seca aérea, de la raíz y total y se determinó el porcentaje de colonización micorrizica. Los datos se procesaron mediante las técnicas de análisis multivariado de componentes principales y análisis jerárquico de conglomerados. Las cepas más eficientes fueron *Glomus clarum*, *Glomus intraradices* y *Acaulospora scrobiculata*.

Palabras clave: Posturas de cafeto, micorrizas vesículo-arbusculares, suelo, superficie foliar.

ABSTRACT. The experiments were developed during three nursery years in El Rincón, Manicaragua that is a location at a height of 340 msnm, with the aim of finding out the effect of 15 strains of mycorrhizal fungi on the development of coffee seedlings in a Red Ferralitic leached soil. A randomized block design with 16 treatments and three replicates was used, besides evaluating stem height, stem diameter, leaf pair number, leaf area, plant top, root and total dry weights, seven months after seeding; also, it was determined the mycorrhizal colonization percentage. The data were processed according to multivariate procedure of main components and cluster analysis. The highest values were achieved by *Glomus fasciculatum* (T¹), *Glomus mosseae* ecotipo1 (T⁵), *Glomus mosseae* ecotipo2 (T⁸),.

Key words: coffee seedlings, Vesicular –arbuscular mycorrhizal fungi, soil, leaf surface.

INTRODUCCIÓN

Las micorrizas son asociaciones simbióticas mutualistas que se establecen entre las raíces de las plantas y ciertos hongos del suelo (Sieverding *et al.*, 1985). Su principal efecto consiste en promover el crecimiento y desarrollo de las plantas al aumentar su área de exploración radical y facilitar la absorción de diferentes nutrimentos como: N, K, Ca, Mg, B, Fe y en especial el ión fosfato (Barea *et al.*, 1991, citado por Sánchez, 2001).

El cafeto es un cultivo que de forma natural establece simbiosis con los hongos micorrizógenos arbusculares (HMA), necesitando de estos para su

establecimiento; se considera un cultivo micotrófico obligatorio (Sieverding y Barea, 1991) y con alta dependencia micorrizica (Siqueira y Franco, 1988).

Este trabajo se desarrolló con el objetivo de determinar el comportamiento de 14 cepas formadoras de hongos micorrizógenos en un suelo ferralítico rojo lixiviado del Escambray.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se repitió durante tres campañas,

entre los meses de noviembre y junio en el vivero de la Estación de Investigaciones de Café Jibacoa, en la provincia de Villa Clara, a 340 msnm.

Se utilizó un diseño de bloques al azar con 16 tratamientos y tres réplicas, resultantes de la inoculación de las semillas de cafetos con 14 cepas de hongos micorrizógenos sobre un sustrato

conformado por una relación 5:1 suelo: humus de lombriz volumen: volumen (v:v) y dos testigos, compuestos por las relaciones suelo: humus de lombriz 5:1 y 3:1, respectivamente, ambos sin inoculación de cepas de HMA (Tabla 1). La relación 3:1 es el testigo, según normas técnicas del cultivo.

Tabla 1. Tratamientos utilizados

Tratamientos	Relación suelo:humus de lombriz y cepas de HMA inoculadas
T1	5:1+ <i>Glomus fasciculatum</i> . Francia (Gerdemann & Trappe).
T2	5:1+ <i>Glomus clarum</i> . Colombia (Nicolson & Schenck).
T3	5:1+ <i>Glomus spurcum</i> . (Topes de Collantes)
T4	5:1+ <i>Glomus agregatum</i> (Schenck & Smith) .
T5	5:1+ <i>Glomus mosseae</i> (ecotipo 1) (Gerdemann & Trappe).
T6	5:1+ <i>Glomus etunicatum</i> , Pinar del Río. (Becker & Gerdemann).
T7	5:1+ <i>Glomus etunicatum</i> , Topes de Collantes. (Becker & Gerdemann).
T8	5:1+ <i>Glomus mosseae</i> (ecotipo 2) (Gerdemann & Trappe).
T9	5:1+ <i>Glomus intraradices</i> , UNAM México (Schenck & Smith)
T10	5:1+ <i>Acaulospora scrobiculata</i> (Trappe).
T11	5:1+ <i>Glomus occultum</i> , CIAT Colombia (Walker).
T12	5:1+ <i>Glomus caledonium</i> (Gerdemann & Trappe)
T13	5:1+ <i>Glomus mosseae</i> (ecotipo 3) (Gerdemann & Trappe).
T14	5:1+ <i>Glomus mosseae</i> (ecotipo 4) (Gerdemann & Trappe).
T15	5:1. Sin inoculación.
T16	3:1. Sin inoculación

3:1= Tres partes de suelo y una de humus de lombriz.

5:1= Cinco partes de suelo y una de humus de lombriz.

Cada parcela contó con 120 plantas, de las cuales se evaluaron 24 al finalizar el período experimental.

En todas las campañas se utilizaron bolsas de polietileno negro de 14 cm de diámetro por 22 cm de alto, con los sustratos correspondientes; se sembraron dos semillas de *Coffea arabica* L., variedad 'Caturra Rojo' por bolsa, dejando una sola plántula por bolsa cuando el 80 % de éstas alcanzó la fase de mariposa. En todos los casos se utilizó como sombra la proyectada por cobertizos individuales de pencas de *Roystonea regia* (guano).

Las actividades agrotécnicas para la producción de posturas se realizaron según las Instrucciones Técnicas para el Cultivo del Café y el Cacao (Ministerio de la Agricultura, 1987).

Producción e inoculación de las cepas de HMA

Las cepas de HMA certificadas utilizadas procedían del cepario del Instituto de Ecología y Sistemática (IES), perteneciente al Ministerio de Ciencia,

Tecnología y Medio Ambiente (CITMA).

A los 90 días se extrajo el inoculante con las siguientes características de calidad micorrizica: raicillas infectadas (60 %) y esporas (≥ 20 esporas/g de suelo), con grado de pureza superior al 95 %.

El inóculo se aplicó en el momento de la siembra debajo de las semillas, a razón de 10 g por bolsa.

A los siete meses, para caracterizar el desarrollo de las posturas, se evaluó la altura de la planta, el diámetro del tallo, el número de pares de hojas, el área foliar, la masa seca aérea, la masa seca de la raíz y total.

Para determinar el parámetro fúngico Porcentaje de colonización, se tomaron muestras de raicillas de los distintos tratamientos y se aplicó la metodología descrita por Phillips y Hayman (1970), para clasificar y teñir las raicillas. La cuantificación se realizó por el método descrito por Giovannetti y Mosse (1980);

los valores se transformaron según $\text{arc sen } \sqrt{x}$.

Los datos se procesaron mediante análisis multivariado de componentes principales, que permiten estudiar las relaciones entre las variables cuantitativas, reduciendo su número a través de la síntesis de otras que se forman que no están correlacionadas entre sí (Varela, 1998). Se estandarizaron las más representativas y se procesaron mediante análisis Jerárquico de conglomerados (Cluster análisis) para permitir la creación de los grupos de tratamientos (cepas de HMA) de acuerdo con su comportamiento.

Se realizó análisis factorial 16 x 3 (cepas x años) y se eliminó el efecto de las réplicas en los años, según Steel y Torrie (1990).

Al encontrar diferencias significativas entre las medias de los tratamientos, se aplicó la prueba de comparación de rangos múltiples de Duncan, con $p \leq 0,001\%$ como criterio comparativo entre estos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de los componentes principales mostró la mayor extracción para la primera componente, la cual explicó en un 85,0 % la variación total de los índices evaluados en los diferentes tratamientos (Tabla 2).

Se encontró una alta correlación entre las variables de crecimiento, siendo la masa seca y el área foliar las que alcanzaron los mayores coeficientes de correlación, con valores similares.

Se confirma lo establecido por Soto (1994) en relación a que el área foliar es un índice que expresa adecuadamente la respuesta del crecimiento integrado de las posturas, siendo esta la variable más comúnmente utilizada para definir el desarrollo de las posturas de café (Soto, 1994; Rivera *et al.*, 1997; Valencia, 1998; Fernández, 1999).

A través de los análisis multivariados de los componentes principales y análisis de cluster se aprecia el efecto positivo ocasionado por la

inoculación de las diferentes cepas de HMA en el desarrollo de las posturas de cafetos (Figuras 1 y 2).

Tabla 2. Componentes principales, vectores propios y porcentaje de contribución. (Promedio de tres campañas)

Variables	C1
Altura	0,91*
Diámetro del tallo	0,87*
Pares de hojas	0,78*
Área foliar	0,96*
Masa seca aérea	0,97*
Masa seca de la raíz	0,96*
Masa seca total	0,97*
λ	5,94
Contribución (%)	85,00

Leyenda: C1: Componente principal.

Se destaca en las tres campañas la formación de cuatro grupos compuestos por las mismas cepas, lo cual indica que el comportamiento de éstas fue altamente reproducible y tiene un alto valor práctico para el manejo de las asociaciones micorrízicas a través de la inoculación con cepas de HMA.

En relación con el agrupamiento de las cepas (Figuras 1 y 2) se encontró que el grupo I estuvo integrado por las cepas *Glomus clarum* (T2), *Glomus intraradices* (T9) y *Acaulospora scrobiculata* (T10), con cuyas inoculaciones en la relación suelo: humus de lombriz 5:1, se alcanzaron los mayores valores promedio en altura, área foliar y masa seca total (Tabla 3). Se destaca que en los tratamientos no inoculados la relación 3:1 (T16) originó posturas superiores a la relación 5:1 (T15).

Se observa la alta eficiencia micorrízica alcanzada con la inoculación de las cepas de HMA que formaron el grupo I (relación suelo: humus de lombriz 5:1), las cuales produjeron un desarrollo superior al alcanzado por el tratamiento más comúnmente utilizado en la producción de posturas de café (3:1 suelo: humus de lombriz).

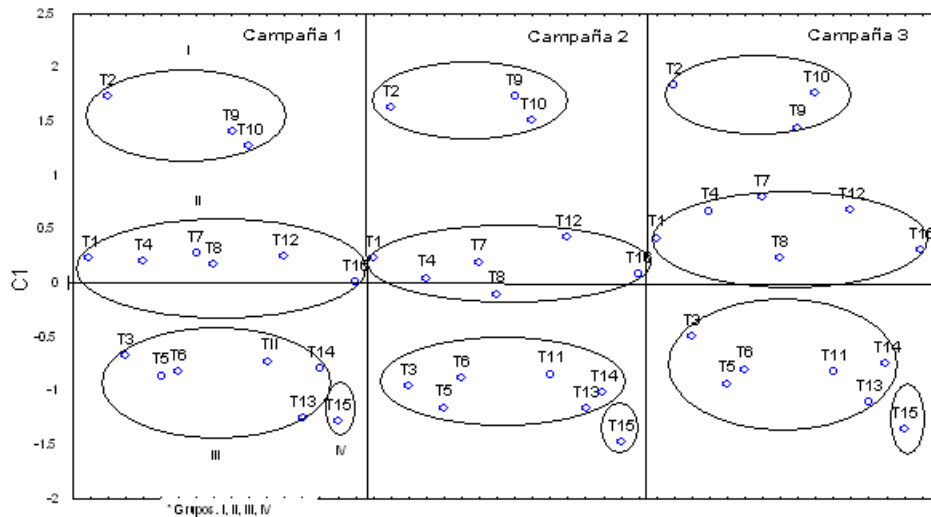


Figura 1. Efecto de la inoculación de cepas de HMA sobre el desarrollo de las posturas de cafetos en el suelo ferralítico rojo lixiviado.

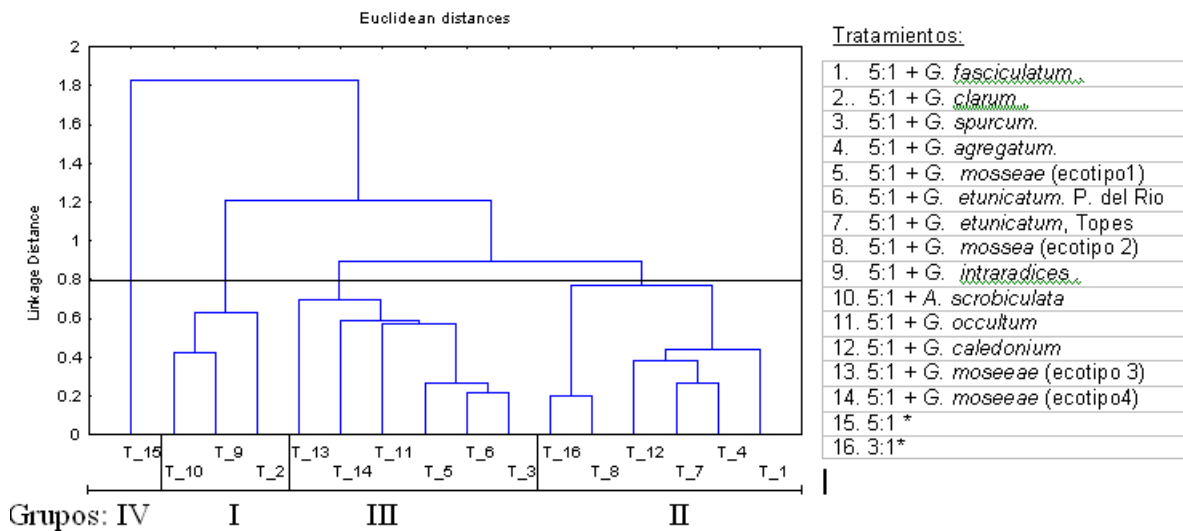


Figura 2. Dendrograma de comportamiento de los tratamientos.

Tabla 3. Valores promedios de los índices analizados por cada grupo

Grupo (#)	Tratamientos. (#)	Altura (cm)	Diámetro del tallo (cm)	Pares de hojas (#)	Area foliar (cm2)	Masa seca total (g)
I	2,9,10.	25,43 ± 0,75	0,41 ± 0,01	7,50 ± 0,05	518,21 ± 8,18	5,32 ± 0,14
II	1,4,7 8,16,12	23,49 ± 0,90	0,39 ± 0,05	7,38 ± 0,02	414,52 ± 34,39	4,17 ± 0,22
III	3,5,6,11,13,14	20,35 ± 1,01	0,36 ± 0,01	7,11 ± 0,10	353,80 ± 12,86	3,31 ± 0,09
IV	15.	17,58 ± 0,00	0,35 ± 0,00	7,00 ± 0,00	306,33 ± 00,00	3,01 ± 0,00

Esta eficiencia micorrízica, según señala Barea *et al.* (1991) se explica por el incremento del área de exploración radical de las plantas y sus consiguientes incrementos en la absorción de nutrientes, lo que implica que en una misma

condición de disponibilidad de estos, se presenten mayores coeficientes de aprovechamiento y crecimiento de las plantas en el caso de una micorrización eficiente. Similares resultados informaron Fernández *et al.*

(1992) para las cepas *Glomus clarum* (T2) y *Acaulospora scrobiculata* (T10), en experimentos realizados con posturas de cafetos en suelos con características similares, lo que corrobora lo expresado por Barros (1987) acerca de que la cepa *Acaulospora scrobiculata* mantiene un buen comportamiento en suelos de baja fertilidad y altas condiciones de acidez.

Se destaca el buen comportamiento de la cepa *Glomus intraradices* (T9), lo que constituye la primera información experimental como cepa promisoría para estas condiciones.

El grupo II se formó por las cepas *Glomus fasciculatum* (T1), *Glomus aggregatum* (T4), *Glomus etunicatum* (T7), *Glomus mosseae* ecotipo2 (T8) y *Glomus caledonium* (T12), que mostraron un comportamiento similar al tratamiento recomendado en las Normas Técnicas (T16).

El resto de los grupos estuvo conformado por cepas que produjeron posturas inferiores a las obtenidas en el tratamiento recomendado en las Normas Técnicas (Ministerio de la Agricultura, 1987).

CONCLUSIONES

1. Se encontró un efecto positivo de la inoculación con cepas de HMA sobre la producción de posturas de cafetos, con una alta reproducibilidad en cualquiera de los años estudiados.
2. Las cepas más eficientes fueron *Glomus clarum*, *Glomus intraradices* y *Acaulospora scrobiculata*.
3. Con la inoculación de una cepa eficiente de HMA en la relación suelo humus de lombriz.5:1 se obtienen posturas similares a las alcanzadas en el tratamiento recomendado en la norma técnica.

BIBLIOGRAFÍA

Barea, J. M.; C. Azcon-Aguilar; J. A. Ocampo y otros: Morfología, anatomía y citología de las micorrizas

vesículo-arbusculares. en fijación y movilización de nutrientes II. Fijación de nitrógeno y micorrizas, pp. 150-173, Madrid, 1991.

Barros, A. (1987): Micorrizas vesículo-arbusculares en coffeeiros da regio sul do estado de Minas Gerais. 97 pp. Tesis presentada para optar por el grado científico de Master en Ciencias. Lavras, Minas Gerais.

Cuba. Ministerio de la Agricultura (1987): Instrucciones técnicas para el Cultivo del Café y el Cacao, 208 pp. CIDA, Ciudad de La Habana.

Fernández, F.; E. Cañizares; R. Rivera y otros (1992): "Efectividad de tres hongos formadores de micorrizas (va) y una cepa de bacteria solubilizadora de fósforo sobre el crecimiento de posturas de cafeto. (*Coffea arabica* L.)". *Cultivos Tropicales*. 13(1): 28-32.

Fernández, F. (1999): Manejo de las asociaciones micorrízicas arbusculares sobre la producción de posturas de cafeto (*C. arabica* L. var. Catuaí) en algunos tipos de suelos, 102 pp., Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas, Inst. Nac. Cienc. Agrícolas, La Habana, MES.

Giovannetti, M. and B. Mosse (1980): "An evaluation of techniques for measuring vesicular-arbuscular mycorrhizal infections in root". *New Phytol.* pp. 489-500.

Phillips, D. M. and D. S. Hayman (1970): "Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection". *Trans. Br. Mycol. Soc.* 55:158-161.

Rivera, R; F. Fernández; C. Sánchez (1997): "Efecto de la inoculación con hongos micorrizógenos (v.a) y bacterias rizosféricas sobre el crecimiento de las posturas de cafeto". *Cultivos Tropicales* 18(3): 15-23.

Sánchez, C. (2001): Uso y manejo de los hongos micorrizógenos arbusculares y los abonos verdes en la producción de posturas de cafetos (*C. arabica*) en tres tipos de suelos representativos del macizo Guamuhaya. 101 pp. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas, La Habana.

Sieverding, E.; Mariana Sánchez-de-Praguer; N. B. Otero (1985): Investigación sobre micorrizas. Memorias sobre el primer curso nacional sobre micorrizas, pp. 57-124, Colombia.

Sieverding, E y J. M. Barea (1991):. Perspectivas de la inoculación de sistema de producción vegetal con hongos formadores de micorrizas VA, en Fijación y movilización de nutrientes II. fijación de N y micorrizas, pp. 221-245.

Siqueira, J. O. y A. Franco (1988): “Biotecnología do solo Fundamentos e Perspectivas”. *Ciencias nos Tropicós Brasileiros. Serie Agronomía*. 235 pp.

Soto F. (1994): Crecimiento de posturas de cafetos (*C. arabica* L.) influido por diferentes condiciones de aviveramiento, 174 pp., Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas, Inst. Nac. Cienc. Agrícolas (INCA), La Habana, MES.

Steel, R y J. Torrie (1990): *Bioestadística. Principios y procedimientos*. pp. 328-333, Mc Graw/Interamericana de México, México.

Valencia, G. (1998): Factores que afectan la productividad del cafeto, en Manual de nutrición y fertilización del café. 61 pp., Instituto de la potasa y el fósforo (INPOFOS), Quito.

Várela, M.: Análisis multivariado de datos. Aplicación a las Ciencias agrícolas. 56 pp. Departamento de Matemática Aplicada, Inst. Nac. Cienc. Agríc., La Habana, MES, 1998.

Recibido: 28/11/05

Aceptado: 18/02/06