

Evaluación de las posturas de *Coffea arabica* L. con empleo de hongos micorrizogenos arbusculares.

Evaluation of the seedling of *Coffea arabica* L. with use arbuscular mycorrhizal fungi.

Autores: M Sc. Luis G. Moisés-Medina, Dr. C. Alberto Pérez-Díaz, Ing. Juan Emilio Osnil-Moisés, M Sc. Marconis Martínez-Marten, Ing. Yunier Reyes-Batista.

Organismo: Universidad de Guantánamo. Facultad Agroforestal de Montaña, Guantánamo, Cuba.

E-mail: imoises@fam.cug.co.cu

Teléf. (21) 38 3346, (21) 29 4323

Resumen.

Experimento realizado en la finca Limonar, situada en El Salvador, evaluando el comportamiento de las posturas de *Coffea arabica* L. con dos cepas de micorrizas en el sistema productivo cafetalero Limonar, empleando sistema de siembra en viveros en bolsas de polietileno con 360 plantas, tomando 120 para evaluarlas y un diseño completamente aleatorizado con 3 tratamientos y 4 réplicas, resultantes de la inoculación de las semillas de café con dos cepas de hongos micorrizógenos (*Glomus hoi* "like"; *Glomus intraradices*) y sin inoculación, montándose sobre un sustrato conformado por una relación suelo materia orgánica (Vacuno) 5:1. Las evaluaciones morfológicas realizadas fueron pares de hojas, área foliar (cm²), altura de las plantas, largo de la raíz, materia seca (g) y el índice de eficiencia. Análisis de varianza de clasificación simple, los resultados arrojaron que la inoculación de los hongos micorrizogenos arbusculares fueron positivos en cuanto al desarrollo de las posturas de café.

Palabras clave: Café; *Coffea arabica* L.; hongos micorrizogenos arbusculares.

Abstract.

Experiment in Limonar farm, located in El Salvador, evaluating the behavior of *Coffea arabica* L. poses with two strains of mycorrhizae in the coffee production system Limonar using nursery planting system in polyethylene bags with 360 plants, taking 120 to assess and A completely randomized design with 3 treatments and 4 replicates, resulting from the inoculation of coffee seeds with two strains of mycorrhizal fungi (*Glomus hoi* "like"; *Glomus intraradices*) without inoculation, piggybacking on a shaped substrate relation soil organic matter (Cattle) 5: 1. Morphological assessments were performed pairs of leaves, leaf area (cm²), plant height, root length, dry matter (g) and the efficiency ratio. Analysis of variance of simple classification, the results showed that inoculation of fungi micorrizogenos arbusculares were positive about the development of coffee seedlings.

Keyword: coffee; *Coffea arabica* L.; arbuscular mycorrhizal fungi.

Introducción.

El reconocimiento, por parte de la comunidad mundial, de la importancia de los bienes y servicios que brindan los cafetos es cada día mayor. La protección y conservación de los recursos naturales como los suelos, las aguas, las zonas costeras, los recursos de la biodiversidad, el equilibrio y mejoramiento del medio ambiente en general, son funciones insustituibles de los ecosistemas cafetaleros.

Rivera et al. (2007) plantea que la inclusión efectiva de la simbiosis micorrízica en los agroecosistemas de especies perennes (café), permitirá extender a los mismos los efectos beneficiosos de la simbiosis micorrízica relacionados con los incrementos en la absorción de los nutrientes y agua y por tanto mayor capacidad para enfrentar estreses hídricos y nutricionales. En el caso específico de los viveros tiene una mayor capacidad de adaptación de las posturas en el trasplante, porque se obtienen posturas más vigorosas. Es la razón por la cual se debe estudiar la causa de la baja calidad de las posturas en el sistema productivo cafetalero de Limonar, por lo que el objetivo de este trabajo es: evaluar el comportamiento de las posturas de *C. arabica* L. con dos cepas de micorrizas en el sistema productivo cafetalero de Limonar.

Se han encontrado respuestas positivas en la inoculación con hongos, obteniéndose posturas más vigorosas, con mayor supervivencia en la fase de establecimiento de la plantación e incluso hay evidencia experimental de que se ha mantenido el efecto positivo sobre el rendimiento del cafeto en las primeras cosechas (Roskoski et al., 1994) incrementando además el aprovechamiento de los fertilizantes afectados.

El experimento se realizó en el Centro Docente Científico Productivo Limonar de la Facultad Agroforestal de Montaña, en el municipio El Salvador, provincia Guantánamo, en los meses de septiembre a mayo de 2009, el área tiene una extensión de 0,05 hectáreas y esta 410 msnm.

Desarrollo.

Característica climática

Las precipitaciones en la zona van desde los 1 114,0 hasta los 1 908,3 mm anuales destacándose los meses de mayo, julio, agosto, septiembre y noviembre por mayores precipitaciones. Las temperaturas promedio mínimas de 18,4 °C y máximas de 29.9 °C, la humedad relativa entre 75 y 86 % y la evaporación promedio anual de 154,16 mm.

Características generales del suelo de la finca:

El Suelo se clasificó como pardo sialítico, carbonatado según Hernández et al. (1999), el sustrato presenta pH (H₂O) evaluado en todo el perfil de 6.5; el contenido de Materia Orgánica está por debajo del 3%.

Tabla 1. Se realizó el análisis para las características del sustrato.

Tipo de muestra	pH (H ₂ O)	P ₂ O ₅ mg/100g	K ₂ O mg/100g	M. Orgánica %
Sustrato	6,5	4,01	19,50	2,95

Se utilizó un diseño completamente aleatorizado con 3 tratamientos y 4 réplicas para un total de 12 parcelas, resultantes de la inoculación de las semillas de cafeto con dos cepas de hongos micorrizógenos *Glomus Hoi like* (actual: *Glomus cubense*), *Glomus intraradices* (actual: *Rhizophagus intraradice*) y sin inoculación. Sobre un sustrato conformado por una relación suelo: materia orgánica (Vacuno) 5:1 y testigos de referencia compuesto por la relación suelo: materia orgánica (Vacuno) 5:1

Se utilizó el sistema de siembra en viveros en bolsa de polietileno con un total de 360 plantas, de ellas 120 se tomaron para ser evaluadas.

Obtención de los microorganismos empleados

Hongos micorrizógenos arbusculares (HMA)

Las cepas de calidad certificada empleadas para el experimento se produjeron en el Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA).

Tratamientos:

T-1 - *Glomus Hoi like*; T-2 – *Glomus intraradices* y T-3 -Testigo.

Evaluaciones

Se evaluaron 10 plantas seleccionadas al azar en cada parcela del área de cálculo. Las variables utilizadas para desarrollar esta acción fueron:

Número de hojas (u/planta): a los 117 días después de realizada la siembra se realizó la cuantificación de las hojas de cada planta individualmente por tratamiento y se utilizó el valor promedio.

Área Foliar (cm²): a los 117 días después de realizada la siembra se realizó ante del trasplante para el campo, el largo (L) por el ancho (A) de la hoja multiplicado por el coeficiente según variedad.

$AF=L \times A \times 0,64$ (*C. arabica*),

Altura de las plantas (cm): a los 117 días después de realizada la siembra, haciendo uso de una regla graduada, midiéndose desde el cuello de la raíz de las plantas hasta el ápice.

Largo de la raíz (cm): a los 117 días después de realizada la siembra, haciendo uso de una regla graduada, midiéndose desde el cuello de la raíz de las plantas hasta la cofia.

Porcentaje de materia seca (%): las plantas seleccionadas fueron sometidas a una temperatura de $60 \pm 5^\circ\text{C}$, hasta lograr masa constante y posteriormente se determinó su porcentaje de masa seca utilizando la fórmula:

Incrementos netos

Se utilizó un **índice de eficiencia (IE)**, reportado inicialmente por Siqueira y Franco (1988) para evaluar la dependencia micorrízica.

Análisis estadístico

Para las variables morfológicas se utilizó un análisis de varianza de clasificación simple y cuando se encontró diferencias significativas entre las medias se realizó la prueba de rango múltiple de Tukey con un 5% de probabilidad del error. Para el análisis estadístico fue utilizado el paquete STATGRAPHICS Versión 5.1 en ambiente Windows.

Análisis económico

La valoración económica de los resultados de cada uno de los experimentos, se realizó según la metodología propuesta por la (FAO 1980, citado por Riera, 2004)

Costo (\$/L): gastos incurridos por la aplicación del HMA empleado.

Beneficio (\$/ha): ganancia neta obtenida por diferencia entre el valor de la producción y los costos.

Relación B/C: cociente obtenido de dividir el beneficio entre el costo total incurrido en las diferentes actividades en cada tratamiento.

Valores de la relación B/C: mayores a 1, indican el aporte de ganancia y un valor de 2 la obtención de un beneficio del 100%. Valores de 3 o superiores corresponden a ganancias muy notables.

Resultados y discusión

En la evaluación de la altura de las plantas a los 177 días después de la siembra (Tabla 2) se puede observar que la inoculación de ambas cepas *Glomus intraradices*, *Glomus Hoi like*, produjo efectos muy positivos sobre la altura de las plantas existiendo diferencias significativas entre los tratamientos inoculados con respecto al testigo.

De manera general se observó que la inoculación de *Glomus intraradices*, estimula el desarrollo vegetativo de las posturas al obtenerse plantas de mayor altura y más vigorosas que en la forma tradicional, se puede inferir que eso puede resultar de la capacidad de esta simbiosis del hongo de mantener una mayor capacidad de absorción por la presencia de micelio externo efectivo, capaz de explorar de modo eficiente nutrientes del sustrato transfiriéndolo para la planta.

Estos resultados coinciden con lo de Fernández (1999) en los que encontraron resultados positivos en el incremento de la altura de las posturas de *Coffea arabica L.* utilizando HMA

Tabla 2. Manifestación de la altura (cm) de la planta a los 177 días después de la siembra.

Tratamientos	Media (cm)
<i>Glomus intraradices</i>	23,0 a
<i>Glomus Hoi like</i>	21,0 b
Sin Inoculación Testigo	19,9 c
ES \bar{x}	0,2617

Nota: Letras iguales no tienen diferencias significativas según dócima de Tukey para $p \leq 0,05$.

La evaluación del área foliar a los 177 días después de la siembra (Tabla 3) mostró, que el tratamiento que se inoculó con cepa *Glomus intraradices* fue el que mejor se comportó, donde se pueden observar diferencias significativas ($p \leq 0,05$) con respecto al tratamiento que se inoculó con la cepa de *Glomus Hoi like* y el tratamiento sin inoculación, presentando valores óptimos para el desarrollo de posturas de acuerdo con los resultados reportados por Fernández (1999) y Sánchez (2001) y con índices de eficiencia de 36-37% que indica un efecto importante de la micorrización sobre el crecimiento.

Tabla 3. En esta tabla se muestra la influencia de las micorrizas en el área foliar (cm²) a los 177 días después de la siembra.

Tratamientos	Media (cm ²)	Índice de Eficiencia
<i>Glomus intraradices</i>	392,27 a	37
<i>Glomus Hoi like</i>	351,84 b	36
Sin Inoculación testigo	257,11 c	
ES \bar{x}	1,014	

Nota: Letras iguales no tienen diferencias significativas según d^ocima de Tukey para $p \leq 0,05$.

Se puede observar que la inoculación de ambas cepas (Tabla 4) produjo efectos muy positivos sobre el largo de la raíz de las posturas (Figura 1) y aunque existe diferencias significativas entre el largo de la raíz de los tratamientos inoculados, la importante diferencia entre los índices de eficiencia demuestra que la efectividad de la micorrización fue positiva cuando se compara con el testigo al cual no se le aplicó.

Por otra parte, se observó incrementos significativos en la raíz del tratamiento que se le aplicó *Glomus Intraradices* con respecto a los demás tratamientos, por lo que se puede inferir que el empleo de esta inoculación aumenta la adsorción de nutriente en el suelo y por ende un mejor desarrollo radicular.

Similares resultados fueron alcanzados en producción de posturas de cafetos micorrizados por Fernández et al. (1992), utilizando la cepa *Acaulospora scrobiculata* en suelos Alíticos en condiciones de baja fertilidad y por Sánchez (2000) inoculando esta misma cepa y el *Glomus intraradices*, en suelos con características similares a los que se utilizaron.

Tabla 4. Muestra cómo se manifestó el largo de la raíz (cm) a los 177 días después de la siembra.

Tratamientos	Media (cm)
<i>Glomus intraradices</i>	36,0 a
<i>Glomus Hoi like</i>	30,6 ab
Sin Inoculación Testigo	26,4 c
$\bar{ES} \bar{x}$	0,9392

Nota: Letras iguales no tienen diferencias significativas según d^ocima de Tukey para $p \leq 0,05$.

Los efectos de los tratamientos sobre la variable pares de hojas (Tabla 5) a los 177 días después de la siembra, en la misma se puede observar los resultados alcanzados en el tratamiento de la cepa *Glomus intraradices* que mostró diferencias significativas ($p \leq 0,05$) con respecto a los dos tratamientos restantes. El tratamiento con la cepa *Glomus Hoi like* no mostró diferencias significativas frente al tratamiento testigo. Estos resultados se pueden comparar con lo obtenido por Pedro (2002) que observó en las dos repeticiones un efecto positivo y significativo de la inoculación con especies de HMA, de forma general los mayores valores se obtuvieron en los tratamientos inoculados y los menores en los no inoculados.

De acuerdo con Fernández (1997), el objetivo de la aplicación de los biofertilizantes es contribuir a mejorar la calidad y productividad de los cultivos, mediante la sustitución total o parcial de los fertilizantes minerales e introducir los mismos, unidos a los abonos orgánicos, como tecnologías para producir una agricultura orgánica, ecológica y sustentable.

Tabla 5. Evaluación de los pares de hojas (u) a los 177 días después de la siembra.

Tratamientos	Media (u)
<i>Glomus intraradices</i>	7,85 a
<i>Glomus Hoi like</i>	6,70 b
Sin Inoculación Testigo	5,92 b
$\bar{ES} \bar{x}$	0,2253

Nota: Letras iguales no tienen diferencias significativas según d^ocima de Tukey para $p \leq 0,05$.

En los tratamientos inoculados (*Glomus Intrradices* y *Glomus Hoi like*) se muestran incrementos significativos cuando se comparan con el testigo con respecto a la masa seca del follaje a los 177 días después de la siembra (Tabla 6). Estos resultados son similares a los encontrados por Pedro (2002) en los tratamientos inoculados con cepas efectivas, hubo una relación directa entre la eficiencia simbiótica, el área foliar y la producción de masa seca. Riera, (2004) plantea que en los cultivos de maíz y boniato, siempre que se inoculó al menos dos cultivos (F2 y F3), los valores alcanzados en la materia seca fueron significativamente superiores al testigo.

Tabla 6. Masa seca del follaje (g) a los 177 días después de la siembra

Tratamientos	Media (g)
<i>Glomus intraradices</i>	3,03 a
<i>Glomus Hoi like</i>	2,94 b
Sin Inoculación Testigo	2,25 c
ES \bar{x}	0,0937

Nota: Letras iguales no tienen diferencias significativas según d^ocima de Tukey para $p \leq 0,05$.

Valoración económica

Se presenta a manera de ejemplo (Tabla 7) el cálculo de los gastos según el método que se aplicó, basándose en la producción de 378 000,00 posturas. En ese análisis se incluyó los valores que se reportan en la carta tecnológica de vivero sobre los costos de los diferentes materiales y actividades que se relacionan con el montaje de viveros.

Se comparó la variante tecnológica de mejor resultado frente a la norma técnica en este se destaca el tratamiento con *Glomus intraradices* que disminuyó significativamente los gastos en \$ 40 915,20 pesos para producir una postura de optima calidad.

Tabla 7. Análisis de la factibilidad económica para producir 378 000,00 posturas

Tratamientos	Posturas	V. P \$/Post	Costo	Beneficio	Relación B:C
<i>Glomus intraradices</i>	378000,0	113400	40915,20	72484,80	2
<i>Glomus Hoi like</i>	378000,0	113400	44514,18	68885,82	2
Testigo	378000,0	113400	59971,76	53428,24	1

Cruz *et al.* (2005), plantea que estos resultados coinciden en las plantas de café a partir de la micorriza, facilitando un aumento de la producción y mayor calidad biológica de esta.

Riera (2004) plantea que los resultados alcanzados demuestran la factibilidad económica del uso en plantas cultivadas de la inoculación con hongos micorrízicos por sus beneficios monetarios directos, así como las ventajas complementarias que se derivan de utilizar el post-efecto micorrízico para hacer un uso más racional de los inoculantes en secuencias de cultivos.

Conclusiones.

- El hongo micorrizógeno arbuscular con mejor respuesta en el desarrollo y crecimiento de posturas por tipo de sustrato resultó ser la cepa *Glomus intraradices*.
- El efecto de la inoculación también se expresó a través de incrementos en la variable de Índice de Eficiencia, estableciéndose una relación directa y significativa entre el área foliar de las posturas.
- La aplicación de la cepa *Glomus intraradices* ejerce un efecto económico que se traduce en un ahorro de 17258,1 con respecto al testigo y mayor relación Beneficio: Costo.

Bibliografía.

- Cruz, H.; Vila, I.; Cuesta, I.; Guerra, C.; López, R.; Triguero, N.; Rengifu E. (2005). *Manual Forestal de Plagas, Enfermedades y Micorrizas*, 38- 54.
- Fernández, F. (1999). Manejo de las asociaciones Micorrízicas Arbusculares sobre la producción de posturas de cafeto (*C. arabica* L. var. Catuay) en algunos tipos de suelos. Tesis (Doctorado en Ciencias Agrícolas) - Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. La Habana. Cuba, 102.
- Fernández, F. *et al.*, (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 p.
- Fernández, F. (1997). Uso, manejo y comercialización de los hongos micorrízicos VA. Conferencias en Curso de Maestría de Nutrición de las Plantas y Biofertilizantes. INCA. La Habana.
- Formell, F. Geología (2002). En Nuevo Atlas Nacional de Cuba. Eds. Instituto de Geografía de la Academia de Ciencias de Cuba. Instituto Cubano de Geodesia y Cartografía e Instituto Geográfico Nacional. España.
- Hernández, A., Pérez, J., Bosch., D. y Rivero, L. D. (1999). Nueva Versión de Clasificación Genética de los Suelos de Cuba. Inst. Suelos. AGRINFOR. La Habana, 64.
- Pedro, J. (2002). Efectividad de la inoculación de cepas de HMA en la producción de posturas de cafeto sobre suelo Ferralítico Rojo compactado y Ferralítico Rojo lixiviado de montaña. Tesis en opción al Título Master en Ciencia en Nutrición de las Plantas y Biofertilizantes – Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. La Habana. Cuba, 103.
- Riera, M. (2004.) Manejo de la Biofertilización con Hongos Micorrízicos Arbusculares y Rizobacterias en secuencias de cultivos sobre suelo ferralítico rojo. Tesis en opción al Grado Científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, La Habana, Cuba, 103.
- Rivera R., Fernandez F., Fernandez K., Ruiz L., Sánchez C., Riera M: (2007) Advances in the management of effective arbuscular mycorrhizal symbiosis in tropical ecosystem. Pages 151-196 In: Mycorrhizae in crop Production (eds). Chantal Hamel and Christian Plenchetle. Haworth Press, Binghamton.
- Saggin-Junior, A. *et al.*, (1994). Interacao fungos micorrizicos versus superfosfato e seus efeitos no crescimento e teores de nutrientes do cafeeiro em solo nao fumigado. *R. bras. Ci. Solo*, 18, 27-36 p.
- Sanchez, C.; R. Rivera; C. González; R. Cupull; R. Herrera y M. Varela. (2000). Efecto de la inoculación de HMA sobre la producción de posturas de cafetos en tres tipos de suelos del macizo montañoso de Guamuaya. *Cultivos Tropicales*, 21 (3), 5-13.

- Sánchez, C. (2001). Uso y manejo de los HMA y los abonos verdes en la producción de posturas de cafeto. Tesis de Doctorado en Ciencias Agrícolas. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. La Habana. Cuba, 103 p.
- Siqueira, J. O., Franco, A. (1988). Biotecnología do solo Fundamentos e Perspectivas. Ciências. Tropicos Brasileiros. *Serie Agronomía*, 235.
- Siqueira, J. O. (1993). Crecimento de mudas e producao de cafeeiro sob influencia de fungos micorrizicos e superfosfato. R. Bras. Ci. Solo. Brasilia. 17 (1), 53-60.

Fecha de recibido: 22 jun. 2014

Fecha de aprobado: 8 sep. 2014