

**Efecto de la incorporación de abono verde micorrizado sobre el crecimiento de posturas de (*Coffea arabica* L.)**

**Effect of green fertilizer incorporation of mycorrhiza on the growth of postures (*Coffea arabica* L.)**

**Autores:** Ing. Marconis Martínez Martén<sup>1</sup> y DrC. Manuel C. Riera Nelson<sup>2</sup>.

**Centro:** Departamento Producción de Montaña. Facultad Agroforestal de Montaña (FAM). Universidad de Guantánamo (UG)<sup>1</sup> y Centro de Estudios, Café Cacao y Coco. Facultad Agroforestal de Montaña (FAM). Universidad de Guantánamo (UG). El Salvador, Guantánamo<sup>2</sup>.

**Dirección:** Achotal de Monte Ruz, Municipio El Salvador, Guantánamo<sup>1</sup>.

**E. mail:** [marconis@fam.cug.co.cu](mailto:marconis@fam.cug.co.cu)<sup>1</sup>.

**Teléfonos:** 28 5030<sup>1</sup> y 28 2237<sup>1</sup>.

**Resumen.**

Con el objetivo de evaluar la factibilidad del uso de abono verde micorrizado sobre la calidad de las posturas de café, se realizaron dos ensayos en el periodo de septiembre/2009 a julio/2011. Un primer ensayo consistió en producir biomasa de *Canavalia ensiformis* peletizada las semillas con micorrizas (*Glomus cubense* sp). En un segundo ensayo se combinó abono verde, micorriza y *Rhizobium*, para la producción de posturas, se evaluó la altura de la planta (cm), diámetro del tallo (mm), largo de la raíz (cm), área foliar (cm<sup>2</sup>), masa seca (g) y el índice de eficiencia (%). Se demostró que en la producción de biomasa de *C. ensiformis* la aplicación de micorrizas+*Rhizobium* supera en 2,27 kg.m<sup>2</sup> de masa seca al obtenido con la aplicación de *Rhizobium* en la producción de posturas de café, la combinación de *C. ensiformis*+micorrizas+ *Rhizobium*, difiere significativamente en todas las variables estudiadas y se destaca la eficiencia al obtener un índice de área foliar 184,84%.

**Palabras clave:** Abono verde, posturas de café, *Coffea arabica*, hongos micorrízicos arbusculares.

**Abstract.**

In order to assess the feasibility of using green manure fertilized treatment on the quality of the coffee seedlings, there were two trials in the period to julio/2011 September/2009. A first test consisted of producing pelletized biomass *Canavalia ensiformis* seeds with mycorrhiza (*Glomus cubense* sp). In a second trial was combined green manure, mycorrhiza and *Rhizobium*, for the production of seedlings, we evaluated the plant height (cm), stem diameter (mm), root length (cm), leaf area (cm<sup>2</sup>), dry mass (g) and the efficiency index (%). It was shown that in the production of biomass applying *C. ensiformis* mycorrhizae + *Rhizobium* exceeds 2.27 kg.m<sup>2</sup> dry mass obtained with the application of *Rhizobium* in the production of coffee seedlings, the combination of *C. mycorrhizae* + *Rhizobium* + *ensiformis*, differs significantly in all variables and highlights the efficiency to obtain leaf area index 184.84%.

**Keywords:** Green manure, coffee seedlings, *Coffea arabica*, arbuscular mycorrhizal fungi.

### **Introducción.**

El café es uno de los cultivos más importantes del mundo, es por ello que los principales países productores, desarrollan tecnologías para la producción intensiva del café, donde un elemento primordial lo constituyen las altas densidades de plantación (CENICAFE, 2005; Bustamante *et. al.*, 2009).

En Cuba se practican estas tecnologías, lo que implica la necesidad de producir una mayor cantidad de plantas por unidad de superficie en los viveros, para satisfacer las necesidades de siembra, donde el equilibrio biológico y el empleo de alternativas como los biofertilizantes y los abonos verdes en la obtención de posturas ecológicas y de buena calidad son aspectos de singular importancia (Sánchez *et. al.*, 2001).

En este sentido se han evaluado en otros agrosistemas con resultados satisfactorios el empleo de *Canavalia ensiformis* y cepas micorrízicas como complemento de la nutrición de las posturas de café. Todo ello sobre la base de reducir los niveles de materia orgánica y la fertilización convencional y de este modo realizar un uso eficiente del recurso suelo y de productos de origen nacional que no agreden al ambiente y proporcionan a su vez calidad en este tipo de producción, sobre suelos con niveles de deterioro entre otros (Ramírez *et. al.*, 2006; Martín, 2009).

En las condiciones del macizo montañoso Nipe-Sagua-Baracoa han sido poco estudiados estos aspectos. Por lo que este estudio tiene como finalidad, evaluar la factibilidad del uso de abono verde micorrizado en la calidad de las posturas de café.

### **Materiales y métodos.**

El experimento se desarrolló en la Finca Experimental Los Lirios, perteneciente a la Facultad Agroforestal de Montaña, ubicada en la carretera La Escondida, a 250 m de la comunidad de Limonar, Municipio El Salvador, provincia Guantánamo a una altura de 410 msnm.

La investigación se desarrolló en dos fases fundamentales.

1. Producción de abono verde.
2. Producción de posturas de café.

La primera fase tuvo como objetivo producir el abono verde para la mezcla con el suelo para el llenado de los bolsos. Este se incorporó al suelo entre los 60 días después de la germinación.

### **Tratamientos.**

- T<sub>1</sub> Siembra de semilla de *C. ensiformis* inoculada con Micorrizas+ *Rhizobium*.  
T<sub>2</sub> Siembra de semilla de *C. ensiformis* inoculada con *Rhizobium*.

### **Variables evaluadas.**

Porcentaje de materia seca (%): las plantas extraídas fueron sometidas a una temperatura de 70 °C, hasta lograr una masa constante y se pesaron en una balanza digital marca Sartorius y posteriormente se determinó el porcentaje de materia seca utilizando la fórmula.

$$PMs = Ms / Mf \times 100$$

Donde:

PMs = Porcentaje materia seca.

Ms = Masa seca.

Mf = masa fresca.

La segunda fase tuvo como objetivo: evaluar el comportamiento de la relación (sustrato; cepa) en el desarrollo y crecimiento de las posturas de caféto.

Este experimento se montó con un diseño bloques al azar con cuatro réplicas. Se emplearon cuatro tratamientos:

**T<sub>1</sub>** Siembra de café en el sustrato conformado por la mezcla de la biomasa obtenida con la combinación de la canavalia inoculada con *Rhizobium* y micorriza.

**T<sub>2</sub>** Siembra de café en el sustrato conformado por la mezcla de la biomasa obtenida con la combinación de la canavalia inoculada con *Rhizobium*.

**T<sub>3</sub>** Siembra de café en el sustrato conformado por cinco partes de suelo y una de estiércol vacuno (5:1).

**T<sub>4</sub>** Testigo: siembra de café en el sustrato conformado por tres partes de suelo y una de estiércol vacuno (3:1).

**Aplicación de biofertilizantes:** se utilizó *G. cubense* cita (Rodríguez *et. al.* 2011) como cepa de micorriza. La inoculación se realizó en el momento de la siembra por el método de la peletización de las semillas, con 100g de *Rhizobium* y un 2 % con respecto a la cantidad de las semillas de la micorriza.

Se evaluaron 10 plantas seleccionadas al azar en cada tratamiento. Las variables utilizadas para la medición fueron:

**Área foliar (cm)<sup>2</sup>:** se realizó ante del trasplante para el campo. Los cálculos se realizaron utilizando la fórmula propuesta por Soto (1980) para el caféto arábico, a partir de las mediciones de sus hojas.

$$AF = Lx \times A \times 0,64.$$

**Altura de las plantas (cm):** se midió con una regla graduada tomando desde la base del tallo hasta el ápice.

**Diámetro del tallo (mm):** se midió con un pie de rey a 2 cm del cuello de la raíz.

**Largo de raíz (cm):** se midió la raíz principal utilizando una regla graduada, tomando desde la base del tallo hasta la cofia de la raíz.

**Índice de eficiencia:** este índice expresa los efectos a través de los incrementos relativos frente a un testigo y permite comparar experimentos conducidos en diferentes condiciones edafoclimáticas, períodos de crecimiento y sistemas de siembra diferentes. Este se determinó mediante la ecuación recomendada por Brady (1984) para el crecimiento relativo (%), donde:

$$I.E (\%) = \frac{A. F. \text{ inoculado; } - A. F. \text{ testigo referencia.}}{A. F. \text{ testigo referencia.}} \times 100$$

IE= Índice de eficiencia

AF= Área foliar

### Resultados y discusión.

Al analizar la producción de masa seca para el aporte de biomasa de la *Canavalia ensiformes* en la producción de postura de cafeto, se observó que el mayor porcentaje lo alcanzó la combinación canavalia inoculada con HMA y *Rhizobium* (Tabla 1).

Esta combinación aportó los mayores valores de producción de masa seca, debido a los resultados que brindan las acciones sinérgicas que realizan los microorganismos de origen bacteriano y los hongos micorrizógenos, lo que favorece la absorción de nutrientes en los órganos radicales funciones.

**Tabla 1. Producción de biomasa por *Canavalia ensiforme* con las combinaciones evaluadas.**

| Tratamiento | Combinaciones | Masa seca(kg.ha <sup>-1</sup> ) | Aporte (kg.m <sup>2</sup> ) |
|-------------|---------------|---------------------------------|-----------------------------|
| 1           | C-HMA-Rz      | 25,07 a                         | 10,44 a                     |
| 2           | C-Rz          | 19,62 b                         | 8,17 b                      |
| <b>ESx</b>  |               | 1,05*                           | 1,60*                       |

**Legenda:** C-HMA-Rz-*Canavalia*-HMA-*Rhizobium* C-Rz *Canavalia*-*Rhizobium*

Al analizar los resultados obtenidos de las diferentes combinaciones evaluadas, se encontró que el tratamiento T<sub>1</sub> expresó los valores más altos en las variables de crecimiento (altura de la planta, diámetro del tallo, largo de la raíz), mostrando diferencia significativa con respecto a los demás (Tabla 2).

Guerra *et. al.* (2007) informaron que dentro de los principales beneficios que brinda el uso de los abonos verdes están la conservación de la humedad y la materia orgánica del suelo, además favorece la actividad de los microorganismos, al constituir una fuente de energía para su desarrollo.

**Tabla 2. Comportamiento de las variables de crecimiento.**

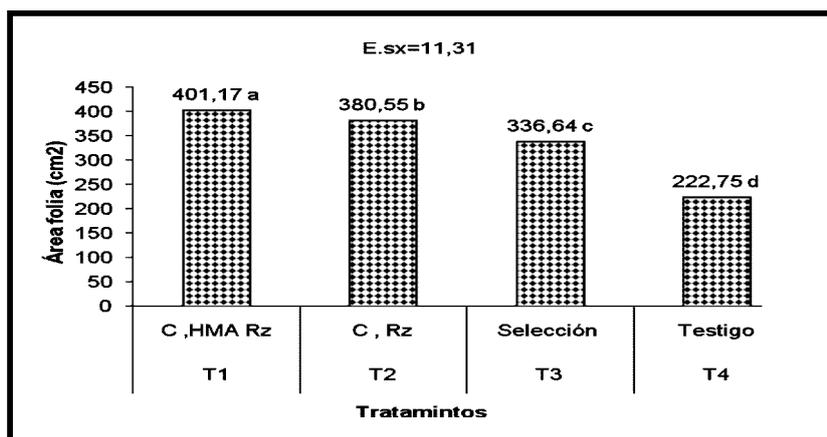
| Tratamientos              | Altura (cm) | Diámetro del tallo (mm) | Largo de la Raíz (cm) |
|---------------------------|-------------|-------------------------|-----------------------|
| T <sub>1</sub> (C,HMA Rz) | 34,14 a     | 0,68 a                  | 22,16 a               |
| T <sub>2</sub> (C, Rz)    | 31,14 b     | 0,58 b                  | 17,40 b               |
| T <sub>3</sub> (5/1)      | 32,35 b     | 0,48 c                  | 18,20 b               |
| T <sub>4</sub> (Testigo)  | 20,09 c     | 0,48 d                  | 12,16 c               |
| Es <sub>x</sub>           | 0,94*       | 0,02*                   | 0,53*                 |

Media seguida de letras desiguales en la columna difieren significativamente de ( $p < 0,05$ ) C, HMA, Rz- Canavalia más Rhizobium - C – Canavalia, -Rz- Rhizobium

En la Figura 1 se muestran los resultados que brindaron las combinaciones de la masa del abono verde integrado al suelo, interviene en el desarrollo y crecimiento de la planta, reflejado en el área foliar. El tratamiento T<sub>1</sub>, ofreció el mayor área foliar, con diferencias significativas con el T<sub>2</sub>, ambos con el T<sub>3</sub> y el testigo, respectivamente.

Esto coincide con lo expresado por (Sánchez *et. al.*, 2009) que la combinación de HMA con los abonos verdes podría ser una alternativa para aumentar la productividad y disminuir las dosis de aplicación de materia orgánica.

La mezcla de compuestos orgánicos como abonos verdes, incorporados al suelo representa un beneficio directo para la agricultura (Martín, 2009).



C, HMA, Rz- Canavalia más Rhizobium - C – Canavalia, -Rz- Rhizobium

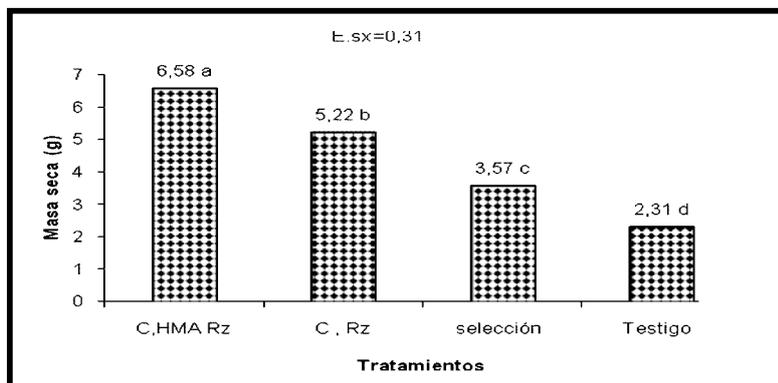
**Figura 1.** Efecto de los tratamientos sobre el área foliar de las posturas de café.

El resultado obtenido evidenció una respuesta positiva de la actividad microbiana combinada con abono verde, lo cual coincide con los informado por Aranda (2010)

donde, indicó que con esta combinación se mejora el suelo, estimula la multiplicación de las poblaciones de HMA, así como el aporte y reciclaje de nutrientes en el sistema agrícola, lo que permite disminuir considerablemente las dosis de fertilizantes a aplicar para garantizar una adecuada nutrición de los cultivos.

En cuanto a la masa seca, el tratamiento de abono verde a base de *Canavalia ensiformes* coinoculada con HMA y *Rhizobium*, tuvo diferencias estadísticas significativas sobre el resto de los tratamientos en estudio. Estos resultados muestran que la *Canavalia* es una alternativa muy eficiente para lograr incrementos en la masa seca de las posturas de café, pero la misma aumenta cuando se inocula el abono verde con *Rhizobium* y micorrizas (Figura 2).

Es importante señalar que la *canavalia* es una leguminosa que aumenta su eficiencia en la nodulación y en la fijación biológica del  $N_2$  cuando se inocula con *Rhizobium*, aunque ésta, es una asociación que existe naturalmente en el medio y fue descubierta en 1888 por Beijerinck quien también demostró la importancia de la bacteria en la fijación de nitrógeno (Novo y Hernández, 2009).

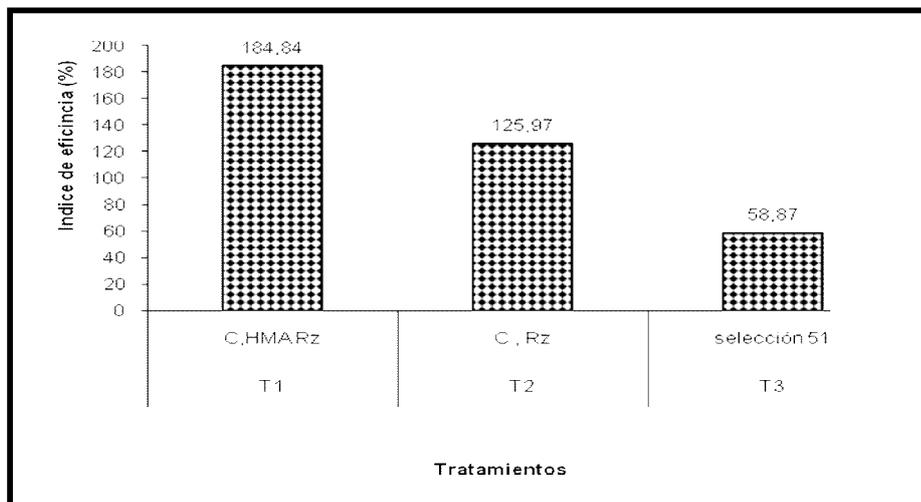


C, HMA, Rz- *Canavalia* más *Rhizobium* - C – *Canavalia*, -Rz- *Rhizobium*

**Figura 2.** Efecto de los tratamientos sobre la materia seca.

A esta eficiencia se suma la actividad micorrízica con cepas eficientes, que según Martín, Arias y Rivera (2010) la inoculación de cepas de HMA a plantas de *Canavalia ensiformes* puede provocar incrementos de la masa seca y con ello los aportes nutricionales, esta actividad sinérgica provoca mayores beneficios que la actividad individual de la *canavalia* y las micorrizas.

Se debe destacar que la masa seca, es una variable de crecimiento muy importante y es una medida muy confiable de la influencia de esta alternativa de trabajo en la nutrición de las posturas de cafeto, lo cual se reafirma con marcada significación en el índice de eficiencia que se muestra en la Figura 3, donde el tratamiento inoculado con la combinación de *Canavalia*, *Rhizobium* y HMA, presenta una eficiencia de 184 % superior al testigo.



C, HMA, Rz- *Canavalia* más *Rhizobium* - C – *Canavalia*, -Rz- *Rhizobium*

**Figura 3.** Índice de eficiencia de los tratamientos.

Montero *et. al.* (2010) plantean que las plantas micorrizadas pueden suplir mejor sus requerimientos nutricionales e hídricos, al hacer un mejor uso de las disponibilidades de éstos elementos en el sustrato o el suelo.

Córdova-Sánchez *et. al.* (2011) por su parte pudieron demostrar en investigaciones realizadas en suelos ácidos de Tabasco en México que la *Canavalia ensiformes* puede propiciar importantes aportes de nitrógeno e influir positivamente en el crecimiento de los cultivos

### Conclusiones.

Los resultados obtenidos demuestran incrementos en la producción de biomasa de *C. ensiformis* inoculada con HMA+*Rhizobium*.

La producción de posturas de cafeto alcanzó los resultados más significativos con la combinación de *C. ensiformis*+micorrizas+ *Rhizobium* con un índice de eficiencia de 184,84 %.

### Bibliografía.

Aranda, R. (2010). Diferentes fuentes de materia orgánica y cepas de hongos micorrizógenos en la producción de posturas de cacao (*Theobroma cacao* Lin.) por micropropagación en el municipio de Baracoa. Facultad Agroforestal de Montaña. Guantánamo, Universidad de Guantánamo. **Tesis en opción al Título de Master en Ciencias Agrícolas:** 70 p.

Bustamante, C.; Rodríguez, C. (2009). Efecto de las formas de aplicación de vitazyme en el crecimiento de injertos de cafetos. XII Jornada Científica "INIFAT", "105 Aniversario de la Estación Experimental Agronómica de Santiago de las Vegas" La Habana, Cuba.

CENICAFE (2005). El desmucilaginado mecánico del café. Disponible en: <http://www.cabcommodities.org/Coffee/IPAwebsite/HTMLFiles/.htm>.

- Córdova-Sánchez, P. [et. al.] (2011). Fijación biológica de nitrógeno por tres fabáceas (*Leguminosae*) en suelos ácidos de Tabasco, México. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 15(1), p. 31-50.
- Guerra, J. G. M.; Ndiaye, A.; de Assis, R. L.; Espíndola, J. A. A. (2007). Cultivos de cobertura como indicadores de procesos ecológicos. *LEISA Revista de Agroecología*, 22(4), p. 20 – 22.
- Joao, P. (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. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, La Habana. **Tesis en opción al Título Master en Ciencia en Nutrición de las Plantas y Biofertilizantes**: 103 p.
- Martín, G. M. (2009). Manejo de la inoculación micorrízica arbuscular, *Canavalia ensiformis* y la fertilización nitrogenada en plantas de maíz (*Zea mays*) cultivadas sobre suelos Ferralíticos Rojos de La Habana. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, La Habana. **Tesis en opción al Grado Científico de Doctor en Ciencias Agrícolas**: 101 p.
- Martín, G.; Arias, L. & Rivera, R. (2010). Selección de las cepas de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) más efectivas para la *Canavalia ensiformis* cultivada en suelo ferralítico rojo. *Cultivos Tropicales*, 31(1), p. 27-33.
- Montero, C.; Cun, R.; Cabrera, J. A. & González, P. J. (2010). Efectividad de biofertilizantes micorrízicos en el rendimiento del pimiento (*capsicum annum* l. var. verano 1) cultivado en diferentes condiciones de humedad del sustrato. *Cultivos Tropicales*, 31(3), p. 11-14.
- Novo, R. & Hernández, J. (2009). Historia de la microbiología del suelo en Cuba. Ciudad de La Habana: Editorial Universitaria.
- Rivera, R. [et. al.] (2007). Efecto de la coinoculación *Azospirillum brasilense* y hongos micorrizogenos va en el cultivo del arroz. *En: Informe del trabajo anual de 1992 sobre Biofertilizantes*. La Habana: INCA. 15 p.
- Rodríguez, Y.; Dalpé, S.; Séguin, K.; Fernández, F.; & Rivera, R. A. (2011). *Glomus cubense* sp. nov., an arbuscular mycorrhizal fungus from Cuba. *MYCOTAXON*, 118, p. 337–347.
- Sánchez C.; Rivera, R. & Bustamante, C. (2001). Tecnología sostenible para la producción de posturas de cafetos en el Escambray. *En: Programa de resúmenes evento de café de Costa Rica*.
- Sánchez, C, D.; Caballero, R.; Cupull, C.; González, S.; & Rivera, R. (2009). Los abonos verdes y la inoculación micorrízica de plántulas de *coffea arabica* sobre suelos *Cambisoles Gléyicos*. *Cultivos Tropicales*, 30(1), p. 25-30.
- Soto, F. (1980). Estimación del área foliar en *C. arabica* L. a partir de las medidas lineales de las hojas. *Cultivos Tropicales* 2(3), p. 115-128.

**Fecha de recibido: 15 sept. 2011**  
**Fecha de aprobado: 29 nov. 2011**