

Título: Diferentes fuentes de materia orgánica y cepas de hongos micorrizógenos en la producción de posturas de cacao (*Theobroma cacao* Lin.)

Autores: Ing. Raúl Aranda Azaharez¹, M.Sc. Alberto Pérez Díaz²,
Dr.C. Manuel Conrado Riera Nelson²

Organismo: ¹ Empresa de Cacao Baracoa. MINAG. Guantánamo, Cuba.

² Facultad Agroforestal de Montana. Universidad de Guantánamo, Cuba.

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

Resumen.

Con el objetivo de evaluar el efecto de la aplicación de diferentes fuentes y dosis de materia orgánica y cepas de micorrizas (*Glomus hoi-like*, *Glomus intraradice*) en la obtención de plántulas de cacao obtenidas a través de la técnica de micro injerto, se realizó el presente trabajo desde mayo de 2009 hasta febrero de 2010. Los resultados mostraron que la aplicación de materia orgánica obtenida por la descomposición de la cáscara de cacao y del humus de lombriz en proporción 5:1 (suelo/materia orgánica) tuvo un efecto positivo en el crecimiento y desarrollo de las plántulas de cacao. Este efecto se potenció con la inoculación de micorrizas, independientemente de la cepa utilizada, evidenciándose un marcado efecto en la altura, diámetro del tallo y área foliar de las posturas. La aplicación de esta tecnología de producción de posturas de cacao redujo la estancia de las mismas en el vivero a 4 meses.

Palabras claves: *Theobroma cacao*, materia orgánica, hongos micorrízicos.

Abstract.

With the aim of evaluating the effect of the application of different sources and dose of organic matter and mycorrhizae strain (*Glomus hoi-like*, *Glomus intraradice*) in the cocoa seedling obtaining through the micro graft technique, was carried out the present work from May of 2009 until February of 2010. The results showed that the application of organic matter obtained by the decomposition of the cocoa shell and of the worm humus in proportion 5:1 (soil: organic matter) had a positive effect in the growth and development of the cocoa seedling. This effect increase with the mycorrhizae inoculation, independently of the used stump, being evidenced a marked effect in the height, diameter of the shaft and leave area of the seedling. The application of this production technology of cocoa seedling reduced the stay of the same ones in the Tree nursery to 4 months.

Keywords: *Theobroma cocoa*, organic matter, mycorrhizal fungi.

Introducción.

El cacao (*Theobroma cacao*, Lin.) es uno de los cultivos comerciales más importantes del mundo (Dugama, Gockowski y Bakala, 1999). Actualmente los países más productores son: Costa de Marfil, Ghana, Indonesia, Brasil, Nigeria y Camerún (Márquez et al., 2004). En Cuba se cultiva en las provincias de Guantánamo, Granma, Santiago de Cuba y Holguín. El municipio de Baracoa, en la provincia de Guantánamo es el mayor productor del país (Márquez et al., 2004). Este cultivo se ha propagado ancestralmente por semilla, pero en el siglo XX se comenzó a propagar por vía vegetativa, a través de estaca e injerto (Márquez, 2003). El micro injerto es una técnica utilizada para realizar el injerto de una pequeña yema en el hipocotilo de la postura, antes de que abra el cotiledón o cuando aún esté pequeño el brote de la postura, ésta técnica requiere de una instalación específica y de mucho cuidado en su ejecución, pero se pueden usar bolsas más pequeñas, con el consiguiente ahorro de tierra, materia orgánica, material vegetal y transporte (Márquez 2004).

Precisamente, uno de los retos dentro de la agricultura sostenible, es garantizar un suministro adecuado de nutrientes para asegurar la calidad de aquellas plantas que se desarrollan en vivero. Una posible alternativa para mejorar la fertilización de los cultivos es la coinoculación con bacterias promotoras del crecimiento vegetal (BPCV) y los hongos micorrízicos arbusculares.

A partir de ésta se estableció el siguiente objetivo, evaluar el efecto de la inoculación de cepas eficientes de HMA, proporción y fuentes orgánicas dentro del manejo de la producción de posturas de cacao obtenidas por la técnica de micro injertos en suelo Pardo del municipio de Baracoa.

Desarrollo.

Materiales y Métodos.

La investigación se desarrolló desde mayo del 2009 hasta febrero de 2010, en el vivero de la Empresa de Café y Cacao de Baracoa. Se evaluó el efecto de la inoculación de cepas de hongos micorrízico arbusculares (HMA) y fuentes orgánicas dentro del manejo de la producción de posturas de cacao obtenidas por micros injertos. En las mezcla con las diferentes fuentes orgánicas, se utilizó un suelo Pardo mullido con carbonatos (MINAGRI, 1999), cuyas característica se reflejan en la Tabla 1.

Tabla 1. Características químicas y físicas del suelo.2008.

Tipo de suelo	pH (H ₂ O)	M.O,%	P ₂ O ₅ mg.100g ⁻¹	K ₂ O mg.100g ⁻¹	CIC,cmol.kg ⁻¹	LSP%	Hy,%
Pardo ¹	7.25	3.6	2.14	30.32	43.2	46.08	7.9

¹Pardo Sialfítico mullido sin carbonatos; CIC: capacidad de intercambio cationico; LSP: límite superior de plasticidad; Hy: humedad higroscópica.

Las semillas de cacao empleadas como patrón, fueron seleccionadas del Banco de Germoplasma de la Estación de Investigaciones de Cacao de Baracoa del clon UF- 650 y se utilizaron yemas del clon UF – 654 del propio banco de Germoplasma. Las cepas de HMA utilizadas (Glomus hoi like y Glomus intraradice) procedían del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas de la Habana (INCA), con más de 60 esporas por gramos de suelo. La inoculación se realizó a la semilla de cacao, por el método de peletización, a partir de una pasta fluida en relación con el 10% del peso de la semilla (Fernández et al., 1999). Las cáscaras de cacao, coco y el humus de lombriz, se utilizaron de forma descompuesta, mezclándose con el suelo en proporción 5:1. Se utilizaron bolsas de polietileno de 14.5 cm x 24 cm y un sistema de riego por aspersión localizado.

Experimento. Efecto de la inoculación de HMA con la mejor proporción y fuente de materia orgánica en la producción de postura de cacao por micro injerto.

Tratamientos:

1. Suelo: cáscara de cacao descompuesta con la proporción 5:1 inoculada con la cepa Glomus. Intraradice.
2. Suelo: humus de lombriz con la proporción 5:1 inoculada con la cepa Glomus intraradice.
3. Suelo: cáscara de cacao descompuesta con la proporción 5:1 inoculada con la cepa Glomus hoi-like.
4. Suelo: humus de lombriz con la proporción 5:1 inoculada con la cepa Glomus hoi-like.
5. Suelo: cáscara de cacao descompuesta con la proporción 5:1 sin inocular.
6. Suelo: humus de lombriz 5:1 sin inocular.

Atenciones culturales: Las atenciones culturales se realizaron según lo orientado en las Instrucciones técnicas para el cultivo y cosecha de Café y Cacao (Cuba. Ministerio de la Agricultura, 1987).

Evaluaciones realizadas.

1. Altura de las plantas (cm): Se utilizó cinta métrica, se midió desde el cuello de la raíz hasta la yema Terminal (mensual).
2. Números de pares de hojas por planta (u).
3. Diámetro del tallo (cm): Se midió por debajo de la cicatriz cotiledonal, con un pie de rey con precisión 0.05.
4. Área foliar real (cm²): el producto de la longitud por anchura (L x A) de las hojas por el método de Navarro et al. (1998).

$$AF = 0.6766 (L \times A) - 1.843$$

5. Para el índice de vigor, se utilizó el método descrito por (Quinceno et al., 1980).

Se determinó además la eficiencia micorrízica según la fórmula propuesta por Sigueira y Franco (1988):

$$IE (\%) = \frac{AF \text{ tratamiento inoculado} - AF \text{ tratamiento no inoculado}}{AF \text{ tratamiento no inoculado}} \times 100$$

Procedimiento estadístico. Se comprobó previamente la normalidad de los datos y la homogeneidad de varianza. Los datos se procesaron estadísticamente por el programa Statgraphics versión 5.1 en ambiente Windows. Las medias se compararon por la Prueba de Rangos Múltiples de Duncan ($p \geq 0.05$).

Resultados y Discusión.

Experimento. Efecto de la inoculación de HMA con la mejor proporción y fuente de materia orgánica en la producción de postura de cacao por microinjertos.

Campaña 2009.

La inoculación de las posturas con las cepas *Glomus intraradice* y *Glomus hoi-like* con la proporción cáscara de cacao descompuesta y humus de lombriz en proporción 5:1, no tuvieron diferencias significativas en cuanto a la altura y el diámetro del tallo de las posturas de cacao (Tabla 2). La aplicación de HMA con la proporción de suelo: fuente orgánica 5:1 influyó positivamente en la altura y el diámetro, al superar a los tratamientos donde no se aplicó HMA (Tratamientos 5 y 6). No se encontraron diferencias significativas en el número de hojas (Tabla 2), aunque como tendencia se encontró mayor producción de hojas con la

utilización de HMA. Se evidenció además que, los HMA influyeron en emisión entre 14 y 15 hojas.

Tabla 2. Efecto de la inoculación de HMA con la mejor proporción y fuente de materia orgánica en la producción de postura de cacao por microinjertos (Campaña 2009).

Tratamiento	Altura de la planta (cm)	Diámetro del tallo(cm)	Número de hojas (u)
1	32,71 a	7,96 a	14.02
2	30,25 a	7,63 a	13.26
3	31,94 a	7,57 a	15.14
4	31,71 a	7,56 a	15.12
5	27,70 b	6,37 b	12.74
6	28,14 b	6,44 b	12.88
ESx.	1,02*	0,30*	0,30 N.S.

1. Suelo: cáscara de cacao descompuesta con la proporción 5:1 inoculada con la cepa Glomus. Intraradice. 2. Suelo: humus de lombriz con la proporción 5:1 inoculada con la cepa Glomus intraradice; 3. Suelo: cáscara de cacao descompuesta con la proporción 5:1 inoculada con la cepa Glomus hoi-like; 4. Suelo: humus de lombriz con la proporción 5:1 inoculada con la cepa Glomus hoi-like; 5. Suelo: cáscara de cacao descompuesta con la proporción 5:1 sin inocular; 6. Suelo: humus de lombriz 5:1 sin inocular.

En la Figura 1 se observa el efecto de la inoculación con cepas de HMA (Glomus intraradice y Glomus hoi-like,) con los dos sustratos empleados (cáscara de cacao y humus de lombriz), en el indicador área foliar de las plantas producida por microinjerto. La inoculación con la cepa Glomus intraradice en el sustrato conformado por suelo: cáscara de cacao 5:1, incrementó el área foliar en 12%, mientras que con el sustrato suelo: humus 5:1 lo hizo para 11% de incremento. La cepa Glomus hoi-like incrementó el área foliar en 14 y 12% cuando se utilizó el sustrato suelo: cáscara de cacao y suelo: humus en proporción 5:1, respectivamente. Estos valores son superiores a los obtenidos por Ochoa (2007) con la utilización de humus de lombriz en la proporción 3:1, en posturas de cacao obtenidas por semillas híbridas.

Estos resultados se deben a la acción conjunta de los componentes de abonos orgánicos y la acción del hongo, que facilita la absorción de nutrientes por las plantas. La aplicación de cepas eficientes de HMA mejoran la absorción y el aprovechamiento de los nutrientes por las plantas y contribuyen a hacer un uso racional de los fertilizantes (Calderón, 2007); así como en el vigor y el estado sanitario de las plantas en especies vegetales muy diversas (Azcón-Aguilar y Barea, 1997; Pozo y Azcón-Aguilar, 2007).

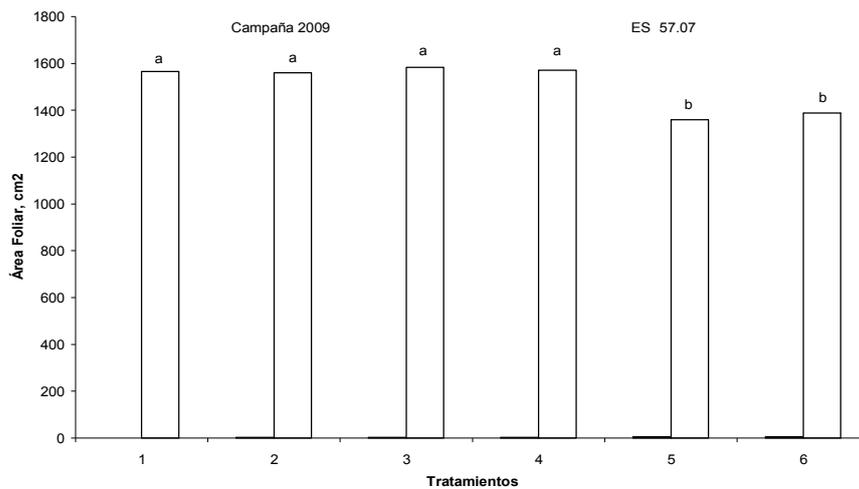


Figura 1. Efecto de la inoculación con cepas de HMA y diferentes sustratos en el área foliar de posturas de cacao por microinjerto.

1. Suelo: cáscara de cacao descompuesta con la proporción 5:1 inoculada con la cepa Glomus. Intraradice.
 2. Suelo: humus de lombriz con la proporción 5:1 inoculada con la cepa Glomus intraradice;
 - 3 Suelo: cáscara de cacao descompuesta con la proporción 5:1 inoculada con la cepa Glomus hoi-like;
 4. Suelo: humus de lombriz con la proporción 5:1 inoculada con la cepa Glomus hoi-like;
 5. Suelo: cáscara de cacao descompuesta con la proporción 5:1 sin inocular;
 6. Suelo: humus de lombriz 5:1 sin inocular.
- Se han encontrado respuestas positivas a la inoculación con estos 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 (Fernández, 1999).

Campaña 2010.

En esta campaña se mantuvo el mismo criterio referido a la inoculación con HMA en la altura de las posturas de cacao, independientemente de la fuente orgánica (Tabla 3). Las posturas de cacao de los tratamientos donde no se inoculó HMA no se diferenciaron entre sí. No se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos respecto al diámetro del tallo y el número de hojas. Sin embargo, como tendencia aquellas posturas micorrizadas incrementaron produjeron de 13 a 15 hojas.

Tabla 3. Efecto de la inoculación de HMA con la mejor proporción y fuente de materia orgánica en la producción de postura de cacao por microinjertos. (Campaña 2010).

Tratamiento	Altura de la planta (cm)	Diámetro del tallo(cm)	Número de hojas (u)
1	31,14 a	6,87	13,14
2	30,43 a	6,87	13,72
3	32,14 a	7,03	15,14
4	31,57 a	6,60	13,12
5	27,57 b	5,84	12,00
6	28,93 b	5,98	12,86
ESx.	1,17*	0,28 N.S.	0,38 N.S.

1. Suelo: cáscara de cacao descompuesta con la proporción 5:1 inoculada con la cepa Glomus. Intraradice. 2. Suelo: humus de lombriz con la proporción 5:1 inoculada con la cepa Glomus intraradice; 3. Suelo: cáscara de cacao descompuesta con la proporción 5:1 inoculada con la cepa Glomus hoi-like; 4. Suelo: humus de lombriz con la proporción 5:1 inoculada con la cepa Glomus hoi-like; 5. Suelo: cáscara de cacao descompuesta con la proporción 5:1 sin inocular; 6. Suelo: humus de lombriz 5:1 sin inocular. En relación al área foliar, esta se incrementó con la inoculación de ambas cepas de HMA, con independencia de la fuente orgánica utilizada en la mezcla con suelo (Figura 2).

La cepa de HMA incrementaron el área foliar de las posturas en un 11% en relación a aquellos tratamientos (5 y 6) donde no se aplicó micorriza.

Las especies del género Glomus tienen un amplio rango de distribución funcional con predominio en ecosistemas de alta y media fertilidad, donde resultan extremadamente eficientes y competitivas. Los resultados obtenidos en Cuba permitieron extender dicho rango a las condiciones de baja fertilidad y establecer que la especie Glomus hoi "like" es la de mejores resultados en suelos Ferralíticos Rojos (Rivera y Fernández, 2003).

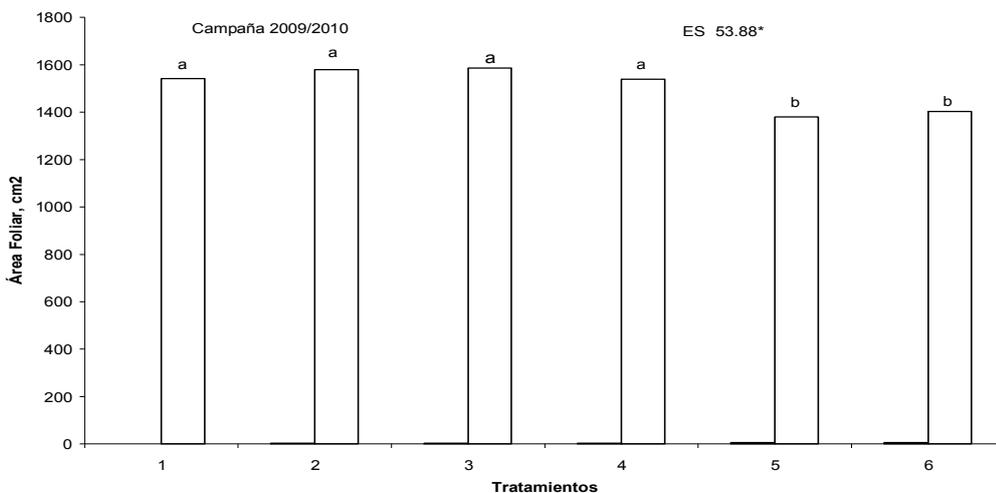


Figura 4. Efecto de la inoculación con cepas de HMA y diferentes sustratos en el área foliar de posturas de cacao por microinjerto.

1. Suelo: cáscara de cacao descompuesta con la proporción 5:1 inoculada con la cepa *Glomus intraradice*; 2. Suelo: humus de lombriz con la proporción 5:1 inoculada con la cepa *Glomus intraradice*; 3. Suelo: cáscara de cacao descompuesta con la proporción 5:1 inoculada con la cepa *Glomus hoi-like*; 4. Suelo: humus de lombriz con la proporción 5:1 inoculada con la cepa *Glomus hoi-like*; 5. Suelo: cáscara de cacao descompuesta con la proporción 5:1 sin inocular; 6. Suelo: humus de lombriz 5:1 sin inocular.

Se evidenció la efectividad micorrízica de las cepas utilizadas en el crecimiento de las posturas de cacao. Janos (2007) informa que, la principal forma de cuantificar la efectividad micorrízica es mediante la evaluación de la respuesta de la planta hospedera en su crecimiento. La mayoría de las plantas de interés agronómico como el cacao, café, coco, algodón, cebolla, ajo, yuca, papa, todos los cítricos, todas las leguminosas y la mayoría de los cereales forman micorrizas. Sin embargo, no todas estas especies, dependen de la misma manera de las HMA para su crecimiento (Vacacela- Quizhpe, 2004).

En la tabla 4 se presentan los índices de eficiencia de las cepas utilizadas. El índice osciló entre 9 y 15 %, lo que representa valores bajos de eficiencia de las cepas de HMA si se compara con los resultados obtenidos por Sánchez (2001) en el cultivo del cafeto. La cepa *Glomus intraradice* logró índice de eficiencia entre 11.87 y 15.29%; mientras que *Glomus hoi-like* lo hizo para un 13%. Esto corrobora la información que se dispone referida a que, la cepa *Glomus intraradice* funciona adecuadamente en suelos Pardos si se compara con otras cepas (Rivera et al., 2003).

Sin embargo, a pesar que la cepa *Glomus hoi-like* se recomienda para suelos Ferralíticos (Rivera et al., 2003), esta funcionó en el suelo Pardo donde se condujo la investigación. La cepa de *Glomus hoi-like* ha funcionado adecuadamente en los suelos Ferralíticos Rojos, para una diversidad de cultivos, lo que indica una baja especificidad de la cepa eficiente de HMA – cultivo (Rivera y Fernández, 2003; Martín, 2009) y indicó una alta competitividad de la cepa *Glomus hoi-like*. La baja especificidad de la cepa eficiente de HMA – cultivo significa que la cepa es eficiente para una condición edáfica dada, establece una simbiosis efectiva con cualquier cultivo dependiente de la micorrización que se establezca en ese suelo (Rivera et al., 2006).

En la tabla 5 se hace el análisis del índice de vigor de las posturas de cacao por microinjertos. Se obtuvieron valores promedios de 7.23 para las posturas inoculadas con

cepas de micorriza en la campaña 2009 y de 7.12 para la campaña 2010, Las plantas no micorrizadas lograron índice de vigor entre 6.39 y 6.70.

Tabla 4. Índice de eficiencia (%) de la aplicación de diferentes cepas de HMA en posturas de cacao.

Tratamientos	Campaña 2009	Campaña 2010
1	15,29	11,87
2	14,80	14,68
3	13,97	13,08
4	13,06	9,83
5	-	-
6	-	-

Tabla 5. Resultados del índice de vigor en posturas de cacao por microinjertos inoculada con micorriza durante el 2009 y 2010 (4 meses de edad).

Tratamientos	Campaña 2009	Campaña 2010
1	7, 52	7, 48
2	7,45	7,30
3	7,88	7,78
4	7,41	7,25
5	6,42	6,39
6	6,70	6,62
Promedio	7,23	7,12

Conclusiones.

1. La proporción suelo: cáscara de cacao ó humus de lombriz en relación 5:1 y la inoculación con HMA produjo las posturas de mayor calidad.
2. Las cepas *Glomus intraradice* y *Glomus hoi-like* se comportaron como cepas eficientes de HMA para cacao cultivado en suelo Pardo, al garantizar las mayores área foliar e índice de vigor de las posturas.

Bibliografía.

1. Azcón-Aguilar, C. and Barea, J.M. (1997). Interactions between mycorrhizal fungi and other rhizosphere microorganisms. En: Mycorrhizal functioning. An integrative plant-fungal process. New York, Chapman y Hall.
2. Calderón. M., Gonzáles. P. (2007). Respuesta del pasto guinea (*Panicum maximum*. Cv. Likonl) cultivando en suelo Ferralítico Rojo a la inoculación de hongos

- micorrizógenos arbusculares. Cultivos Tropicales, Vol.28, No.3.
3. Fernández, F. (1999). Uso y manejo de las asociaciones micorrízicas y las rizobacterias en la producción de posturas de cafeto. Tesis en opción al Grado Científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. [s.l]: INCA.
 4. Fernández, F. [et al.] (2000). Producto inoculante micorrizógeno. Oficina Nacional de Propiedad Industrial. Cuba, Patente No. 22641.
 5. Janos, D.P. (2007). Plant responsiveness to mycorrhizas differs from dependence upon mycorrhizas. Mycorrhiza. [s.l]: [s.n].
 6. Márquez J. J. (2004). Experiencias de la capacitación en cosecha y beneficio del cacao. Instituto de Investigaciones Forestales. La Habana: [s.n].
 7. Márquez J.J. & María B. Aguirre (2003) Manual Técnico de Cosecha y beneficio del cacao. Instituto de Investigación Forestal. P 21, La Habana:[s.n].
 8. Martín, Gloria (2009). Manejo de la inoculación micorrízica arbuscular, la Canavalia ensiformis y la fertilización nitrogenada en plantas de maíz (Zea mays) cultivadas sobre suelos Ferralíticos Rojos de La Habana. Tesis en opción al Grado Científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. La Habana, INCA.
 9. Pozo y Azcón-Aguilar, [et al.] (2007). β - 1,3 glucanase activistie in tomato roots inoculated with arbuscular mycorrhizal fungi and/or Phytophthora parasitica and their possible involvment in bioprotection. Plant Science. [s.l]: [s.n].
 10. Rivera, R. (2003). Resultados de las campañas de validación En: Sistemas Agrícolas Micorrizados Eficientemente, una vía hacia la agricultura sostenible. Un estudio de Caso: el Caribe. La Habana, INCA.
 11. Rivera, R. y Fernández, K. (2006). Bases científico-técnicas para el manejo de los sistemas agrícolas micorrizados eficientemente. El manejo efectivo de la simbiosis micorrízica, una vía hacia la agricultura sostenible. Estudio de caso: El Caribe. La Habana, INCA.
 12. Sánchez, C. (2001). Uso y manejo de los HMA y los abonos verdes en la producción de posturas de cafeto. La Habana, INCA.
 13. Siqueira, J.O y Franco, A. (1988). Biotecnología do solo. Fundamentos e perspectivas. Ciencias nos Tropicós Brasileiros. Serie Agronomía. Brasil: [s.n].

Fecha de recepción: 9 Feb. 2010

Fecha de aprobado: 30 Mar. 2010