

# INFLUENCIA DEL LABOREO SOBRE EL MANEJO DE LA SIMBIOSIS MICORRÍZICA EFECTIVA EN UNA SECUENCIA DE CULTIVOS SOBRE UN SUELO PARDO CON CARBONATOS

Y. Marrero<sup>✉</sup>, J. Simó, L. Ruiz, R. Riveray R. Plana

**ABSTRACT.** This research study was developed at the experimental area from INIVIT, Santo Domingo, Villa Clara. Two tillage variants on a carbonated Brown soil were analyzed in an efficiently AMF-mycorrhized cropping sequence. A randomized complete trifactorial experimental design was used, and the factors were first: tillage (minimum and conventional); second: organic matter (with and without); third: mycorrhizae (inoculating every crop, every two crops, every three crops, without inoculating with 25 % mineral fertilization for yucca, 50 % for sweet potato and 50 % for taro), the check with 100 % mineral fertilization and the absolute check with four repetitions. Data for all statistical analyses were performed through SPSS 11. 5 for Windows statistical package. The following variables were analyzed: percentage of mycorrhizal colonization (%) and agricultural yield (t.ha<sup>-1</sup>). Results proved there is a permanent inoculum effect on the next crop to the inoculated one; also it is possible to reduce the pattern for applying mycorrhizal inoculum by means of using coating technique, obtaining the same yields and saving one inoculant application.

**Key words:** tillage, simbiosis, sequential cropping

**RESUMEN.** El estudio se desarrolló en el área experimental del Instituto de Investigaciones en Viandas Tropicales (INIVIT), en Santo Domingo, Villa Clara. Se analizaron dos variantes de laboreo sobre un suelo Pardo con carbonatos en una secuencia de cultivos micorrizada eficientemente con HMA. El diseño experimental utilizado fue un trifactorial completamente aleatorizado, siendo los factores, primero: laboreo (mínimo y convencional), segundo: materia orgánica (con y sin), tercero: micorrizas (inocular todos los cultivos, inocular cada dos cultivos, inocular cada tres cultivos, sin inocular con un 25 % de la fertilización mineral para la yuca, un 50 % para el boniato y 50 % para la malanga), testigo 100 % de fertilización mineral y testigo absoluto con cuatro repeticiones. Los datos para todos los análisis estadísticos se ejecutaron por el paquete estadístico SPSS 11.5 para Windows. Las variables analizadas fueron: porcentaje de colonización micorrízica (%) y rendimiento agrícola (t.ha<sup>-1</sup>). Los resultados demostraron que se obtiene un efecto de permanencia del inóculo en el cultivo posterior al cultivo de la inoculación y también se logra reducir la norma de aplicación del inóculo micorrízico con la técnica del recubrimiento, obteniéndose los mismos rendimientos y ahorrándose una aplicación del inoculante.

**Palabras clave:** labranza, simbiosis, cultivo secuencial

## INTRODUCCIÓN

Frente a la perturbación del suelo y competencia entre las plantas, es muy importante el uso de herramientas biológicas que aseguren el establecimiento exitoso de las especies vegetales, como los microorganismos del suelo, que cumplen un rol preponderante debido a las variadas funciones que realizan (1). Algunos de ellos desarrollan interacciones benéficas sobre el crecimiento y la productividad de los cultivos, como son los hongos micorrizógenos arbusculares (2).

De todos los factores en áreas con fines productivos que influyen en la dinámica de las comunidades de HMA

y su asociación con las plantas, los más importantes son las prácticas agrícolas. Así, el laboreo del suelo o largos períodos de barbecho, como también secuencias de rotación de cultivos incluyendo plantas hospederas y no hospederas afectan el desarrollo, la actividad y diversidad de los HMA (3, 4, 5, 6).

Desde la perspectiva de una producción agrícola sostenible, es muy importante conocer la forma en que se ve frenada la efectividad de la micorrización hongo-planta por los sistemas de labranza (7).

Los agroecosistemas que presentan mayor diversidad, que son más permanentes, aislados y manejados con baja tecnología, tienen ventaja sobre los sistemas altamente simplificados con adición de niveles elevados de insumos, como los monocultivos (8).

En ambientes oligotróficos, la asociación de las plantas con HMA es muy importante, ya que las plántulas dependen de la simbiosis para su establecimiento.

La perturbación del suelo tiene un impacto directo sobre los propágulos de HMA y también un efecto indirecto a través de cambios en las propiedades del suelo,

Y. Marrero, Investigador; Dr.C. R. Rivera y Dr.C. R. Plana, Investigadores Titulares del Departamento de Biofertilizantes y Nutrición de las Plantas, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), Gaveta Postal 1, San José de las Lajas, La Habana, CP 32 700; Dr.C. J. Simó y Dr.C. L. Ruiz, Investigadores del Instituto de Investigaciones en Viandas Tropicales (INIVIT), Santo Domingo, Villa Clara.

✉ ymarrero@inca.edu.cu

lo que puede reducir la diversidad de especies por la disminución en el número de esporas viables junto con la destrucción de redes hifales, disminuyendo así la cantidad de propágulos para el cultivo siguiente (9).

La inmensa mayoría de estos trabajos experimentales se han realizado en condiciones controladas o de invernadero y adolecen de un enfoque sistemático, que permita encontrar las bases científico-técnicas para el manejo de estas asociaciones y convertirlas, por tanto, en un elemento productivo (10).

Por lo anteriormente planteado se llevó a cabo este experimento de campo, con el objetivo de establecer la influencia del laboreo sobre el funcionamiento micorrízico, la efectividad y el manejo de la inoculación micorrízica en secuencias de cultivo para un suelo pardo con carbonatos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se plantó sobre un suelo Pardo con Carbonatos (11) en áreas del Instituto de Investigaciones en Viandas Tropicales (INIVIT), en el municipio de Santo Domingo, provincia de Villa Clara (Tabla I). Se utilizó el producto ECOMIC® (*G. intraradices*) a base de hongos micorrizógenos arbusculares, a razón de 1 kg.600 mL H<sub>2</sub>O<sup>-1</sup> en recubrimiento de la semilla (12).

El trabajo experimental se desarrolló en una secuencia de cultivo yuca, boniato y malanga, para garantizar el proceso de permanencia del inóculo micorrízico en estos cultivos, como sistema de trabajo en el uso de los hongos micorrizcos arbusculares (HMA).

Las parcelas experimentales fueron de 4 m de largo y 4,5 m de ancho para un área por parcela de 18 m<sup>2</sup>. El diseño experimental empleado fue un trifactorial completamente aleatorizado, siendo los factores: 1<sup>ero</sup>: laboreo mínimo (cosecha, grada, surcadora y plantación) y convencional (cosecha, rotulación, grada, cruce, grada, surcadora, plantación); 2<sup>do</sup>: materia orgánica (compost) con y sin; 3<sup>ero</sup>: micorrizas (inocular todos los cultivos, inocular cada dos cultivos, inocular cada tres cultivos, sin inocular con un 25 % de la fertilización mineral en cultivo de la yuca, un 50 % de la fertilización mineral para el cultivo del boniato y 50 % para la malanga); testigo 100 % de fertilización mineral y testigo absoluto (sin fertilización mineral y sin inocular micorrizas).

La fertilización mineral aplicada fue fórmula completa (9-13-17) con una dosis en yuca: 1,34 t.ha<sup>-1</sup>, boniato: 0,75 t.ha<sup>-1</sup> y malanga: 1,19 t.ha<sup>-1</sup> complementando con urea en los casos necesarios (yuca y malanga).

Se analizaron las variables siguientes: porcentaje de colonización y rendimiento (t.ha<sup>-1</sup>). Se realizaron análisis trifactoriales para las variables analizadas y donde se detectaron diferencias significativas se realizó la prueba de rangos múltiples de Duncan. Los datos para todos los análisis estadísticos se ejecutaron por el paquete estadístico SPSS 11. 5 para Windows.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el cultivo de la yuca, primero de la secuencia, se encontró que en cuanto al porcentaje de colonización no existe ninguna interacción entre los factores.

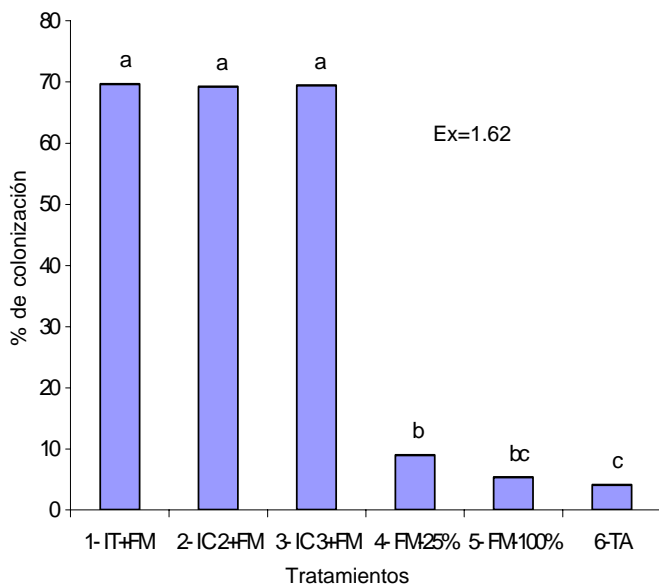
En la Figura 1 se muestra la variable porcentaje de colonización micorrízica en el cultivo de la yuca y se observa una respuesta positiva a la inoculación de cepas eficientes de HMA recomendadas para este tipo de suelo, expresada en los incrementos de los porcentajes de colonización micorrízica en los tratamientos inoculados, aunque se ve que en los tratamientos 4, 5 y 6 que no fueron inoculados, existe un porcentaje de colonización proveniente de la micorriza nativa y aunque no son tan diferentes entre ellos, el tratamiento 4 con el 25 % de la fertilización mineral es un poco más alto en este aspecto que el tratamiento 5 con el 100 % de la fertilización mineral, lo que se debe a que cuando se utiliza la aplicación conjunta de la inoculación con dosis inferiores de fertilizantes, la eficiencia de la colonización micorrízica aumenta, ya sea cuando se inocula o cuando esta inoculación sea natural, como en este caso, aunque los rendimientos sean mayores para el 100 % de fertilizantes (9,13).

En los tratamientos inoculados y con el 25 % de la fertilización mineral 1, 2 y 3, comparados con el 5 (100 %-FM), se observa una semejanza en cuanto al rendimiento, lo que muestra que la simbiosis micorrízica actúa positivamente sobre la planta, aumentando el índice de eficiencia en cuanto a la toma de nutrientes, provenga de una vía mineral u orgánica (Figura 2).

Por otra parte, se destacan los tratamientos con materia orgánica, que presentan un pequeño aumento de rendimiento por encima de los tratamientos a los cuales no se les aplicó. Esto pudo deberse a que la materia orgánica le brinda un conjunto de propiedades que favorecen a estos tratamientos, como son los nutrientes o una adecuada humedad en el suelo, que permitió una mejor eficiencia de los nutrientes por estos microorganismos.

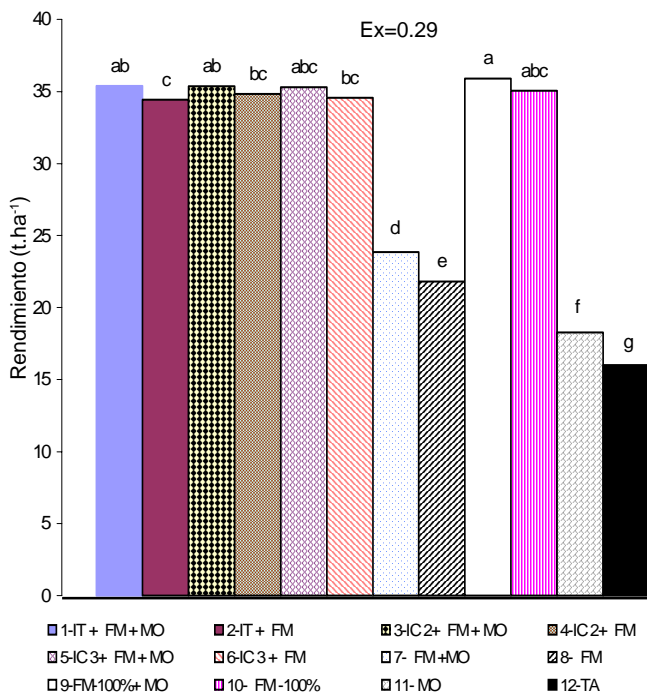
**Tabla I. Caracterización química del suelo estudiado**

Profundidad (cm)	Tipo de laboreo	pH		MO (%) (mg.100 gss <sup>-1</sup> )	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Ca	Mg (cmol.kg <sup>-1</sup> )	Na	K
		KCl	H <sub>2</sub> O							
0-20	Mínimo	7,72	7,17	1,78	6,37	81,95	43,48	4,06	0,66	0,56
	Convencional	7,71	7,22	1,98	6,22	83,01	44,14	4,89	0,70	0,62



Letras diferentes en cada barra indican diferencias significativas a  $p \leq 0,05$ , según dócima de Duncan

**Figura 1. Efecto del porcentaje de colonización en el cultivo de la yuca**

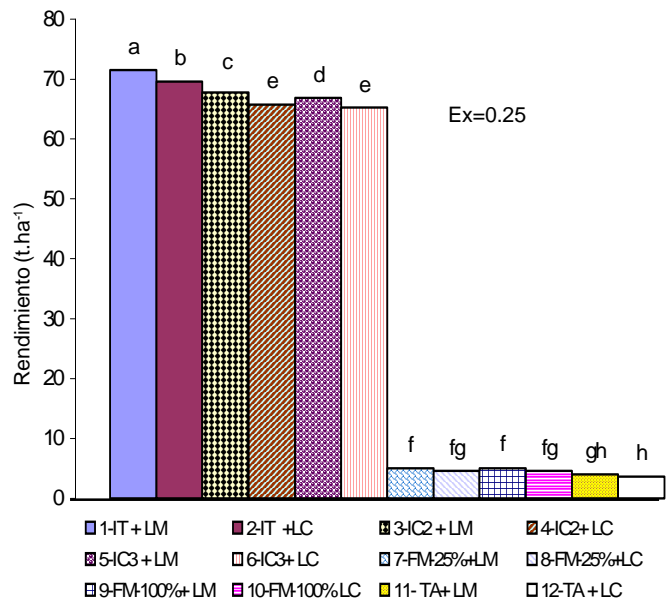


**Figura 2. Influencia de HMA y la materia orgánica en los rendimientos de la yuca**

Este resultado no solo tiene una importancia económica sino también medioambiental, ya que se obtienen rendimientos semejantes utilizando inoculante a base de HMA y menores dosis de fertilizantes que cuando se utiliza el 100 % del químico y, por ende, la disminución de las contaminaciones, debido al lavado de nutrientes en el perfil del suelo y a la escorrentía lateral.

En el cultivo de boniato se observa que al aplicar la estadística correspondiente, existe ya una interacción entre los factores tratamiento y laboreo.

En la Figura 3 se observa el porcentaje de colonización del cultivo del boniato, independientemente de los tipos de laboreo aplicados en los tratamientos 1-inocular todos+FM-50 %; 2-inocular cada 2+FM-50 %, y 3-inocular cada 3+FM-50 %, aunque existen diferencias entre ellos en cuanto a que el único tratamiento que se inoculó en este cultivo fue el 1 y sus porcentajes de colonización son muy parecidos.



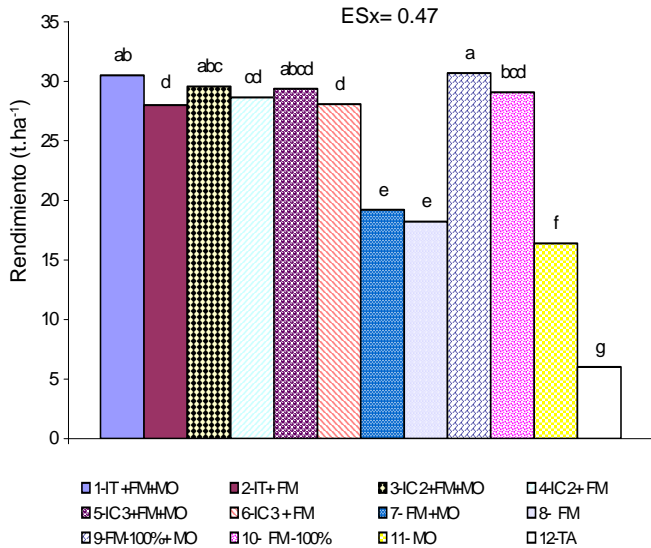
**Figura 3. Influencia del laboreo en la colonización micorrizica del boniato sobre los tratamientos**

Esto refleja el efecto de la permanencia del inóculo en el segundo cultivo posterior a la inoculación para una cepa eficiente, que se observa en los tratamientos 2 y 3 al no existir diferencias en la variable analizada, con respecto al tratamiento 1; lo mismo pasa con la variable rendimiento (13, 14).

También en la figura se observa que el laboreo mínimo empieza a tener una pequeña influencia en la efectividad micorrizica respecto al laboreo convencional, donde se ve afectada la dinámica de los hongos por los sistemas de labranza (7, 10).

En este caso, todos los tratamientos del laboreo mínimo inoculados, con respecto a sus semejantes pero con laboreo convencional, reflejan que aunque no existen diferencias distanciadas entre ellos en cuanto a rendimiento, sus colonizaciones micorrizicas son un poco superiores; hasta en los tratamientos en los cuales no hay aplicaciones micorrizicas se observan mínimas diferencias en los porcentajes de colonización con la micorriza nativa.

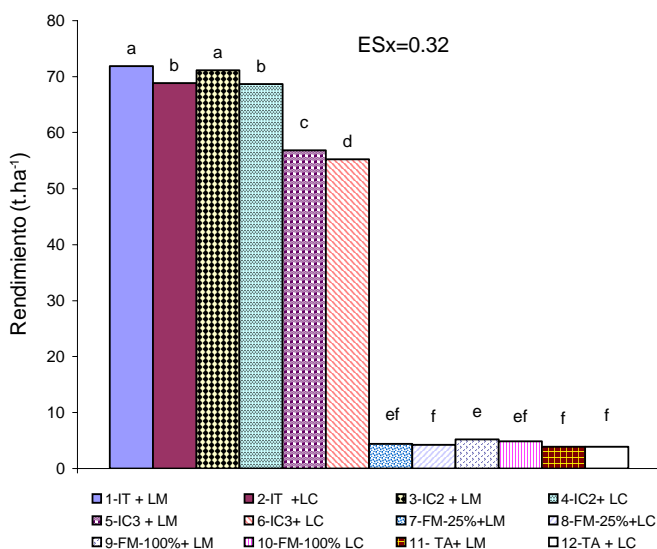
También en este cultivo los resultados fueron semejantes en los rendimientos, respecto a la interacción de los factores materia orgánica x tratamientos; es decir, la incorporación de materia orgánica eleva ligeramente los rendimientos de este cultivo, ya sean inoculados o no con HMA, respecto a los otros tratamientos; lo mismo pasaba en el cultivo anterior (Figura 4).



Letras diferentes en cada barra indican diferencias significativas a  $p \leq 0,05$ , según dócima de Duncan

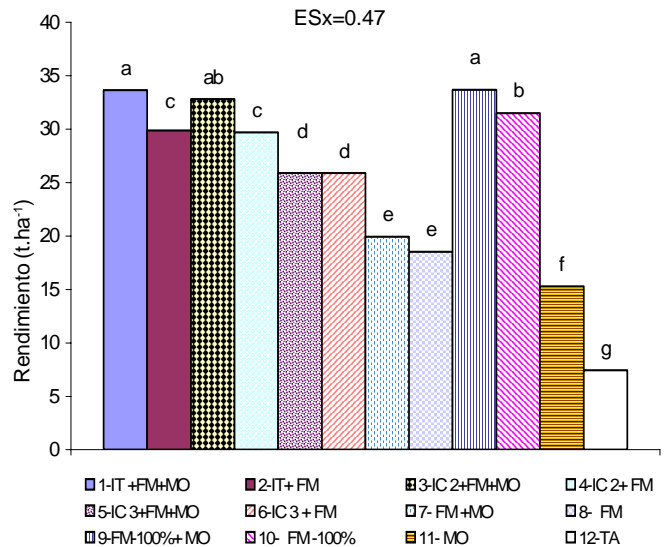
**Figura 4. Influencia de HMA y materia orgánica en los rendimientos del boniato**

En el cultivo de la malanga, tercero de la secuencia, en cuanto a la colonización, los tratamientos de inocular cada tres+FM-50 %, tanto con laboreo mínimo como convencional, experimentan un salto decreciente en cuanto a la variable analizada respecto a los tratamientos de inocular todos+FM-50 %, aunque los rendimientos y el porcentaje de colonización son mucho mayores que los tratamientos FM-50 % y el testigo absoluto (Figura 5).



**Figura 5. Influencia del laboreo en el porcentaje de colonización de la malanga**

Aquí se reafirma que cuando no se le aplica el inoculante al tercer cultivo en la secuencia, tanto sus porcentajes de colonización micorrízica como los rendimientos agrícolas (Figura 6) tienden a disminuir, lo que refleja que el efecto de la permanencia del inóculo solo se cumple en el segundo cultivo posterior a la inoculación para una cepa eficiente (13, 14).



**Figura 6. Influencia de la materia orgánica y aplicación de HMA en los rendimientos de la malanga**

También se repite lo que pasaba en el segundo cultivo (boniato), que el laboreo mínimo superaba al laboreo convencional en los valores de dicha variable, lo que también ocurre en numerosas investigaciones, que sustentan la hipótesis de una relación causal entre una alteración del suelo y un crecimiento irregular de las plantas, debido a una reducción en la efectividad micorrízica (3, 4, 5, 6, 7, 10).

Con este experimento se logran reducir las dosis de biofertilizantes aplicados con la técnica del recubrimiento, ya que se obtienen rendimientos semejantes a cuando se aplicó una cantidad mayor directamente en el suelo. También se corroboran estudios anteriores realizados en el mismo tipo de suelo, donde la efectividad de la permanencia del inóculo se reflejaba solo en el cultivo posterior a la inoculación, lo mismo que ocurre en este experimento.

Con la aplicación del laboreo mínimo se logra mejorar las propiedades físico-químicas y biológicas del suelo, beneficiando la fertilidad con incrementos en la producción y reducción de costos.

## REFERENCIAS

1. Heredia, A. G. Los hongos microscópicos en la descomposición de las hojas. En: Álvarez-Sánchez, J., Naranjo-García, E. (eds.). Ecología del suelo en la selva tropical húmeda de México. Xalapa : Instituto de Ecología AC, Instituto de Biología. 2003. 316 p.

2. Guadarrama, P.; Sánchez-Gallén, I.; Álvarez-Sánchez, J. y Ramos-Zapata, J. Hongos y plantas, beneficios a diferentes escalas en micorrizas arbusculares. *Ciencias*, 2004, vol. 73, p. 38-45.
3. Jansa, J.; Mozafar, A.; Khun, G.; Anken, T.; Ruh, R.; Sanders, I.R. y Frossard, E. Soil tillage affects the community structure of mycorrhizal fungi in maize roots. *Ecol. Appl.*, 2003, vol. 13, p. 1164-1176.
4. Oehl, F.; Sieverding, E.; Ineichen, K.; Mäder, P.; Boller, T. y Wiemken, A. Impact of land use intensity on the species diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in agroecosystems of Central Europe. *Appl. Environ. Microbiol.*, 2003, vol. 69, p. 2816-2824.
5. Oehl, F.; Sieverding, E.; Mäder, P.; Dubois, D.; Ineichen, K.; Boller, T. y Wiemken, A. Impact of long-term conventional and organic farming on the diversity of arbuscular mycorrhizal fungi. *Oecologia*, 2004, vol. 138, p. 574-583.
6. Oehl, F.; Sieverding, E.; Ineichen, K.; Ris, E. A.; Boller, T. y Wiemken, A. Community structure of arbuscular mycorrhizal fungi at different soil depths in extensively and intensively managed agroecosystems. *New Phytol.*, 2005, vol. 265, p. 273-283.
7. Borie, F.; Rubio, R.; Morales, A. y Castillo, C. Relación entre densidad de hifas de hongos micorrizógenos arbusculares y producción de glomalina con las características físicas y químicas de suelos bajo cero labranza. *Rev. Chil. Hist. Nat.*, 2000, vol. 73, p. 749-756.
8. Altieri, M. A. y Nicholls, C. I. Biodiversity and Pest Management in Agroecosystems. Binghamton : The Haworth Press, 2004. 236 p.
9. Rivera, R.; Fernández, F.; Hernández, A.; Triana, J. R. y Fernández, K. El manejo efectivo de la simbiosis micorrizica, una vía hacia la agricultura sostenible. Estudio de caso: el Caribe. La Habana : Ediciones INCA, 166 p.
10. Castillo, C. Biodiversidad y efectividad de hongos micorrizicos arbusculares en ecosistemas agro-forestales del centro sur de Chile. [Tesis de doctorado]; Universidad de la Frontera. Temuco. Chile. 2005, 141 p.
11. Cuba. Minagri. Instituto de Suelos. Nueva versión de la clasificación genética de los suelos de Cuba. La Habana: Agrinfor, 1999. 79 p.
12. Fernández, F.; Rivera, R.; Noval, B. /et al./ Metodología de recubrimiento de la semilla con inóculo micorrizógeno. [Patente Cubana No 22641]. 1999.
13. Ruiz, L. Efectividad de las asociaciones micorrizicas en especies vegetales de raíces y tubérculos en suelos pardos con carbonatos y Ferralíticos Rojos de la región central de Cuba. [Tesis de doctorado]; INCA. 2001. 117p.
14. Riera, M. Manejo de la biofertilización con hongos micorrizicos arbusculares y rizobacterias en secuencias de cultivos sobre un suelo Ferralítico Rojo. [Tesis de doctorado]; INCA. 2003. 109 p.

Recibido: 20 de diciembre de 2007

Aceptado: 16 de julio de 2008

# Cursos de Verano

Precio: 320 CUC

## Agroecosistemas: su conducción en una agricultura sostenible

*Coordinador: Dr.C. Angel Leyva Galán*

*Fecha: julio*

*Duración: 40 horas*

### SOLICITAR INFORMACIÓN

**Dr.C. W alfredo Torres de la Noval**  
**Dirección de Educación, Servicios Informativos**  
**y Relaciones Públicas**  
**Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA)**  
**Gaveta Postal 1, San José de las Lajas,**  
**La Habana, Cuba. CP 32700**  
**Telef: (53) (47) 86-3773**  
**Fax: (53) (47) 86-3867**  
**E.m ail: posgrado@ inca.edu.cu**