

CARACTERIZACIÓN AGROBIOLÓGICA DE LOS SUELOS FERRALÍTICOS ROJOS LIXIVIADOS DE LA REGIÓN DE SAN JOSÉ DE LAS LAJAS, EN RELACIÓN CON EL CAMBIO EN EL MANEJO AGRÍCOLA

F. Morell[✉], A. Hernández, F. Fernández y Yuselín Toledo

ABSTRACT. A soil biological characterization was conducted on three profiles from Lixivated Red Ferralitic soils with different tillage managements (permanent ficus groves, older than 30-year-old fruit trees and deeply cultivated soils for 30 years), evaluating total microbiota, number of endemic AMF spores, mycelial number, endophytic weight, visual density, infection percentage and glomalin content. A close relationship between soil degradation level and edaphic biodiversity was observed; the highest values were recorded on the most preserved soils but progressively decreased on the most degraded ones as a result of an anthropic influence.

Key words: acrisols, soil biology, environmental impact, soil management

RESUMEN. Sobre la base del estudio de tres perfiles de los suelos Ferralíticos Rojos Lixiviados, con diferentes manejos (desde condiciones en arboleda permanente de ficus, y en frutales de 30 años o más, hasta suelos intensamente cultivados durante 30 años), se llevó a cabo una caracterización biológica de estos, mediante indicadores tales como microbiota total, conteo de esporas endémicas de HMA, conteo de micelio, peso del endófito, densidad visual, porcentaje de infección y contenido de glomalina. Se observó una estrecha relación entre el nivel de degradación del suelo y la biodiversidad edáfica; los mayores valores se encontraron en los suelos mejor conservados, con una disminución progresiva hacia los suelos más degradados producto de la influencia antrópica.

Palabras clave: acrisoles, biología del suelo, impacto ambiental, manejo del suelo

INTRODUCCIÓN

Desde finales del siglo pasado, se viene prestando gran atención al problema de la degradación de los suelos en el mundo y sobre todo en las regiones tropicales, debido a que los procesos ocurren en forma más enérgica como resultado del clima, la aplicación de tecnologías sofisticadas con altos insumos en la agricultura y el subdesarrollo.

En efecto, la solución de los principales problemas que afectan a los suelos agrícolas de Cuba, debe ser vista con un enfoque sistémico e integrador y no como una solución aislada, pues se concatenan factores naturales y antrópicos (1). Es importante indicar que la sustentabilidad de los sistemas de producción depende, fundamentalmente, del mantenimiento de la productividad de los suelos a través del desarrollo, la restauración y el mantenimiento de las condiciones físicas, químicas y biológicas, regulada en gran medida por la capacidad de reciclaje de los recursos orgánicos y las actividades

de los microorganismos, que deben ser favorecidas por las acciones de manejo que se realicen (2).

Los microorganismos constituyen un factor importante en el proceso de formación del suelo, participan en la transformación de compuestos orgánicos y minerales, e influyen en el contenido y la movilidad de los macro y microelementos, así como en su balance y asimilación por las plantas. Teniendo en cuenta el papel multifacético que ellos juegan en el suelo, numerosos investigadores en todas las regiones del mundo han desarrollado estos estudios, con el fin de conocer la dirección e intensidad de los procesos edáficos regidos por las biocenosis microbianas (3, 4).

Son numerosos los trabajos realizados por la mayoría de los investigadores, con el objetivo de mejorar o incrementar los rendimientos de los cultivos, incluyendo aportes de distintas fuentes de abonos orgánicos e implementación de diferentes tipos de biofertilizantes, con diversos usos respectivamente. No obstante, hasta el presente en Cuba, existen muy pocos resultados que diagnostiquen con precisión los índices de la degradación de las propiedades de los suelos, tanto químico-físicas como biológicas, resultante de la acción antrópica, así como la respuesta de estos índices a la aplicación de diferentes enmiendas mejoradoras. Teniendo en cuenta la problemática anteriormente expuesta, se plantearon los siguientes objetivos: caracterizar algunos de los principales índices de degradación de las propiedades físicas, químicas y biológicas en suelos Ferralíticos

Ms.C. F. Morell, Investigador; Dr.C. A. Hernández, Investigador Titular; Dr.C. F. Fernández, Investigador Auxiliar y Yuselín Toledo, Reserva Científica del Departamento de Biofertilizantes y Nutrición de las Plantas, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Gaveta Postal 1, San José de las Lajas, La Habana, Cuba, CP 32 700.

✉ fmorell@inca.edu.cu

Rojos Lixiviados, en función de la influencia antropogénica, así como contribuir al establecimiento de índices de diagnóstico de la formación agrogénica en los suelos Ferralíticos Rojos Lixiviados, que sirvan para el perfeccionamiento de la clasificación y cartografía de los suelos de Cuba.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para el trabajo se tomaron como base los resultados de diferentes autores así como la caracterización de los parámetros físicos, químicos y físico-químicos de los suelos en estudio, ubicados en la región de San José de las Lajas, provincia La Habana, en relación con la influencia antrópica en ellos.

Se seleccionaron tres perfiles de suelos Ferralíticos Rojos Lixiviados localizados en áreas del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA):

1. Tomado en plantación de mango (*Mangífera indica*) de más de 30 años
2. Tomado en arboleda de ficus (*Ficus* sp.)
3. Tomado en área de cultivo intensivo, en la finca experimental "Las Papas".

La descripción de los perfiles, su clasificación y la caracterización de sus propiedades, así como los datos referentes a los resultados de los análisis de las características químicas y físicas aparecen en las Tablas I, II y III (3, 5, 6, 7, 8, 9).

Tabla I. Análisis mecánico y de microestructura de los perfiles de los suelos Ferralíticos Rojos Lixiviados estudiados

Profundidad (cm)	Porcentaje del tamaño de las fracciones (mm)				<0.002	<0.002 mm en microagregados	Coeficiente de dispersión
	2.0-0.2	0.2-0.02	0.02-0.01	0.01-0.002			
Perfil 1 (frutales. mango)							
0-8	1.96	14.0	10.0	7.0	67.04	12.68	18.91
8-22	5.96	13.0	12.0	6.0	63.04	5.38	8.53
22-41	0.96	5.0	5.0	5.0	84.04	5.38	6.40
41-64	1.96	3.0	2.0	8.0	85.04	12.38	14.56
64-100	13.96	10.0	2.0	3.0	71.04	5.38	7.57
Perfil 2 (arboleda de ficus)							
6-16	5.96	12.0	7.0	13.0	62.04	8.15	13.14
16-32	5.96	9.0	13.0	8.0	64.04	7.38	11.52
32-47	1.96	10.0	6.0	11.0	71.04	10.38	11.61
47-65	1.96	4.0	2.0	6.0	86.04	10.38	12.06
65-100	2.96	4.0	7.0	10.0	76.04	7.38	9.71
Perfil 3 (cultivo intensivo)							
0-12	4.24	6.0	13.0	10.0	66.76	35.76	53.57
12-22	2.24	5.0	4.0	7.0	81.76	16.76	20.50
22-37	2.24	4.0	9.0	8.0	76.76	14.76	19.23
37-50	2.24	5.0	4.0	7.0	81.76	14.76	18.05
50-62	5.24	5.0	4.0	5.0	80.76	5.76	7.13

Tabla II. Determinación de la densidad aparente, densidad real y porosidad total de los perfiles de los suelos Ferralíticos Rojos Lixiviados estudiados

Profundidad (cm)	Humedad (%)	Densidad aparente (Mg/m ³)	Densidad real (Mg/m ³)	Porosidad total (%)
Perfil 1 (frutales. mango)				
0-8	35.2	0.98	2.61	62.5
8-22	39.9	1.00	2.72	63.2
22-41	33.4	1.09	2.76	60.5
41-64	32.8	1.04	2.77	62.5
64-100	32.2	1.03	2.78	62.9
Perfil 2 (arboleda de ficus)				
6-16	37.8	0.90	2.61	65.5
16-32	30.0	1.05	2.76	62.0
32-47	27.6	1.03	2.78	62.9
47-65	24.2	1.05	2.77	62.1
65-100	26.9	1.03	2.74	62.4
Perfil 3 (cultivo intensivo)				
0-12	33.3	0.89	2.80	68.2
12-22	34.5	1.01	2.80	63.9
22-37	33.5	1.17	2.76	57.6
37-50	37.4	1.13	2.78	59.4
50-62	42.8	1.06		

Tabla III. Determinación del contenido en materia orgánica y algunas características físico-químicas de los perfiles de los suelos Ferralíticos Rojos Lixiviados estudiados

Horizonte	Profundidad (cm)	pH (H ₂ O)	MO (%)	Calcio	Cationes cambiabiles (cmol.kg ⁻¹)			Suma
					Magnesio	Sodio	Potasio	
Perfil 1 (frutales, mango)								
A11	0-8	6.99	3.55	19.7	2.8	0.5	0.5	23.5
A12	8-22	6.05	3.12	12.6	1.7	0.3	0.1	14.7
B11t	22-41	5.12	1.38	8.8	1.0	0.2	0.1	10.1
B12t	41-64	5.26	0.7	8.0	0.8	0.2	0.1	9.1
B2	64-100	5.34	0.5	7.3	0.7	0.2	0.1	8.3
Perfil 2 (arboleda de ficus)								
A1h	6-16	7.27	9.19	27.0	2.4	0.5	0.9	30.8
AB	16-32	7.16	2.71	13.7	1.0	0.2	0.5	15.4
B11t	32-47	6.41	2.34	12.6	0.9	0.2	0.3	14.0
B12t	47-65	5.54	1.38	11.0	0.8	0.2	0.2	12.2
B2t	65-100	5.70	1.07	10.2	0.8	0.2	0.2	11.4
Perfil 3 (cultivo intensivo)								
A11p	0-12	7.50	1.61	15.0	2.0	0.1	0.5	17.6
B11t	12-22	7.40	1.67	15.5	2.5	0.1	0.5	18.6
B12t	22-37	6.90	1.93	15.5	2.5	0.1	0.3	18.4
B21t	37-50	7.00	1.15	15.5	3.0	0.1	0.2	18.8
B22t	50-62	7.00	0.28	10.0	2.5	0.1	0.1	12.7

Se determinaron los siguientes indicadores biológicos:

- ⇒ El conteo de bacterias, hongos y actinomicetos por el método de disolución-suspensión de suelo, con siembras superficiales en capsulas Petri, mediante el empleo de los siguientes medios de cultivo: Rosa bengala (hongos), Rojo congo (Azospirillum), King B, (Pseudomonas), YMA (Rhizobium), SYP (levaduras), CAA (Actinomicetos).
- ⇒ El porcentaje de colonización micorrízica o frecuencia de colonización (% col) mediante la técnica de tinción (10) y se evaluó por el método de los Interceptos "Grin line Intersept" (11).
- ⇒ La Densidad Visual (% DV) y la Masa del Endófito (EA), parámetros que miden la intensidad de la colonización (12), así como se contó el número de esporas en cada suelo después del muestreo utilizando el sistema del tamizado y decantado por vía húmeda de los propágulos del hongo (13).
- ⇒ La glomalina total y fácilmente extraíble (14).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización biológica de los suelos en estudio

Microbiota total. Las poblaciones presentes en este tipo de suelo con mayor incidencia son las bacterias totales, pseudomonas y levaduras, en el orden de 10^6 , siguiéndoles en orden decreciente, los hongos filamentosos (10^3), y azospirillum, rhizobium y actinomicetos (10^2). No se pudo apreciar un patrón definido de comportamiento en la distribución microbiana, de acuerdo con el nivel de degradación del suelo, aunque sí se puede afirmar que existió una tendencia a la disminución, a medida que el suelo fue cambiando en su grado de deterioro, observándose

de forma general los mayores valores poblacionales en los suelos, más conservados desde el punto de vista de su manejo (P1 y P2). Esta tendencia a la disminución en las poblaciones microbianas se debe principalmente a que el suelo más conservado presenta unas condiciones óptimas para el desarrollo de los microorganismos, fundamentalmente los altos contenidos de materia orgánica presentes, lo cual va decreciendo a medida que se deteriora el suelo (Tabla IV).

Tabla IV. Microbiota total endémica presente en los suelos en estudio: P1, conservado (arboleda de ficus), P2, medianamente conservado (arboleda de mango) y P3, suelo agrícola (cultivo intensivo)

Medios	Suelos empleados		
	P1	P2	P3
Microbiota total	$3.8 \cdot 10^6$	$3.2 \cdot 10^6$	$3.6 \cdot 10^6$
Rosa bengala (hongos)	$6.2 \cdot 10^3$	$6.9 \cdot 10^3$	$5.8 \cdot 10^3$
Rojo congo (azospirillum)	$3.5 \cdot 10^2$	$4.2 \cdot 10^2$	$3.0 \cdot 10^2$
K.B. (pseudomona)	$2.9 \cdot 10^6$	$5.2 \cdot 10^6$	$2.8 \cdot 10^6$
YMA (rhizobium)	$2.9 \cdot 10^2$	$2.1 \cdot 10^2$	$1.5 \cdot 10^2$
SYP (levaduras)	$2.9 \cdot 10^6$	$2.8 \cdot 10^6$	$3.1 \cdot 10^6$
CAA (actinomicetos)	$2 \cdot 10^2$	$3.9 \cdot 10^2$	$2.5 \cdot 10^2$

Lo anteriormente expuesto concuerda con los resultados de este trabajo, los que evaluaron la actividad de la ureasa e invertasa en los principales suelos de Cuba, las cuales son enzimas que se encuentran en el suelo como producto de la actividad vital de la flora microbiana, y su presencia iba a estar estrechamente relacionada con la cantidad de materia orgánica presente en esos suelos (3).

Extracción de esporas de los suelos en estudio. En las Tablas V, VI y VII se presentan los valores de esporas por tipo de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) encontrados en cada uno de los perfiles de suelo estudiados. En este caso, no solo se aprecia una tendencia a la disminución en las cantidades totales de esporas, a medida que el perfil de suelo es más degradado (P1>P2, >P3), sino también se vio afectada la abundancia de especies.

Tabla V. Conteo de esporas del perfil en la arboleda de ficus (P1)

Individuo	Cantidad R1	Cantidad R2	x
Glomus sp 1 (hialino)	8	5	6.5
Sclerocystis sp1	7	15	11
Glomus sp2 (amarillo)	25	20	22.5
Acaulospora sp1	18	40	29
Glomus sp3 (Modicella like)	90	90	90
Total	148	170	159

Tabla VI. Conteo de esporas del perfil en arboleda de mango (P2)

Individuo	R1	R2	x
Esporas necrosadas	113	61	87
Glomus sp4	47	44	45.5
Acaulospora sp 2	1	0	0.5
Gigaspora sp1	0	2	1
Total	161	107	134

Tabla VII. Conteo de esporas del perfil en cultivo intensivo (P3)

Individuo	R1	R2	x
Esporas necrosadas	87	53	70
Glomus sp5	26	19	22.5
Acaulospora sp3	24	16	20
Gigaspora sp 2	8	2	5
Total	145	90	117.5

R1y R2: Réplicas utilizadas

En el perfil con mayor grado de conservación (P1), se pudo observar la presencia de tres tipos de Glomus, Acaulospora y Sclerocystis, esta última ausente en los dos restantes perfiles. Otro aspecto interesante encontrado fue la diferencia en la viabilidad de especies en cada uno de los sitios analizados. En el caso del suelo más conservado, no se aprecian esporas necrosadas; sin embargo, en los otros dos perfiles, estas constituyen más del 60 % de la población de Glomales cuantificada, lo cual pudiera constituir una resultante de una elevada mesofauna o población de depredadores naturales como nematodos, collembollas, etc., que pudieran estar afectando el desarrollo de los HMA naturales en esas condiciones. **Conteo de micelio.** En la Tabla VIII se presentan los resultados del conteo de micelios totales de HMA en cada uno de los suelos estudiados. Para esta variable se encontraron resultados muy similares a los hallados anteriormente en relación con la cantidad de esporas por tipo de hongos presentes en los suelos, es decir, la concentración de micelio externo arbuscular en un mismo tipo de suelo, pero con niveles de degradación diferentes, también sufre variaciones en relación con las condiciones químicas, físicas y biológicas en donde se desarrolla.

Tabla VIII. Conteo de micelios totales de HMA en cada uno de los suelos estudiados

Perfil	I	II	III	IV	media	FC(0.000745)
F1	39	48	45	51	45.75	0.03408375
F2	46	43	56	43	47.75	0.03557375
F3	14	26	11	23	18.5	0.0137825

En este caso se aprecian valores muy similares en los dos primeros perfiles de suelo, es decir, en el suelo natural (P1) y el medianamente conservado (P2), disminuyendo a la mitad, hacia el suelo más degradado (P3). Este fenómeno está muy relacionado con la abundancia de especies en los suelos, a medida que disminuyen las poblaciones, pudieran verse afectadas las concentraciones de micelio, lo cual pudo ser observado en las tablas anteriores.

Resultados que pueden explicar el alto número de propágulos en estos suelos conservados, plantean que en estos lugares la mayoría de las especies son heliófilas y presentan tasas fotosintéticas muy altas, lo cual garantiza una producción de fotosintatos suficiente, para satisfacer las necesidades de la planta hospedera y el hongo, el cual puede destinarlos a la producción de esporas y micelio extramático (12).

Esto puede ser corroborado con mayor claridad al observar los resultados de evaluar los parámetros estudiados anteriormente en estos suelos, tales como materia orgánica, densidad volumétrica y densidad de la fase sólida, coeficiente de dispersión, composición de microagregados, etc. (5, 6, 7), los cuales guardan estrecha relación con los resultados de las evaluaciones biológicas realizadas en el presente trabajo, demostrando una tendencia marcada en cuanto al detrimento de las propiedades de estos suelos, a medida que es mayor la acción antrópica, viéndose también afectados con ello los parámetros biológicos.

Colonización micorrízica. Al analizar la colonización micorrízica así como su intensidad y la masa del endófito arbuscular (Tabla IX), se pone de manifiesto un comportamiento similar al encontrado para las variables anteriormente evaluadas. En este caso, los mayores valores micorrízicos aparecen en los suelos más conservados, a medida que estos se degradan. También disminuyen marcadamente sus contenidos fúngicos en el interior radical.

Este resultado se aprecia con mayor claridad en los contenidos de densidad visual y peso del endófito, variables que expresan no solo la presencia del simbionte, sino la intensidad de la colonización. Se pudo constatar que en el suelo más conservado aparece una fuerte presencia fúngica y un elevado peso de endófito, el cual va disminuyendo a medida que se va degradando el suelo por el efecto antropogénico, lo cual es indicativo de la pérdida de la actividad micorrízica natural de estos suelos.

Extracción de glomalina. Los resultados del análisis de la Glomalina, glicoproteína soluble específica de los hongos formadores de micorrizas arbusculares (Tabla X), que está estrechamente relacionada con el micelio fúngico y las raíces de las plantas, y la formación de agregados, con la mejora de la estructura en los suelos (14, 15, 16, 17, 18) reflejan una fuerte tendencia a la disminución, a medida que los perfiles de suelos analizados estaban menos conservados, resultado que corrobora lo anteriormente expuesto.

Tabla IX. Resultado de la tinción de raíces efectuada a plantas presentes en los suelos estudiados

Muestra	Peso (mg)	0	1	2	3	4	5	Infección (%)	Densidad visual	Peso del endófito
P1	1446.8	5	10	15	35	25	10	95	19.525	282.4877
P1		2	6	10	30	35	17	98	25.46	368.3552
P2	244.4	34	12	19	28	7	0	66	7.3725	18.01839
P2		25	16	25	23	11	0	75	8.255	20.17522
P3	285.4	86	7	3	3	1	0	14	0.965	2.75411
P3		82	6	8	4	0	0	18	0.88	2.51152

Tabla X. Extracción de glomalina presente en los suelos estudiados

Muestras	Glomalina total (mcg.mL ⁻¹)	Glomalina fácil extraíble (mcg.mL ⁻¹)
P1	8.739	6.054
P1	8.492	3.198
P1	8.79.6	7.597
P1	8.206	7.368
Media	8.55	6.054
P2	7.508	1.999
P2	7.387	1.865
P2	6.226	2.303
P2	7.254	2.284
Media	7.09	2.11
P3	2.265	1.256
P3	2.913	2.475
P3	3.351	3.160
P3	3.122	1.485
Media	2.91	2.094

En esta variable se pudieron constatar elevadas concentraciones en el suelo natural (P1) y una sensible disminución hacia el suelo más degradado (P3), es decir, en condiciones agrícolas de cultivo intensivo, lo cual está muy relacionado, no solo con las poblaciones de HMA, sino también con la actividad micorrízica encontrada en estas condiciones, que ha sido baja para todas las variables analizadas.

Otros plantean que la agregación es un proceso complejo, que incluye sustancias cementantes producidas por hongos, plantas y bacterias; las bacterias producen polisacáridos que evitan la disecación de las partículas y con ello amortiguan los ciclos de seca y humedad que disminuyen la agregación del suelo, todo lo cual se encuentra en estrecha relación con el estado de conservación en que se encuentre dicho suelo (17, 20).

Se puede concluir que a medida que va siendo más intensa la acción antrópica, mayores serán las pérdidas en la estructura de los suelos, hasta un punto que conlleve a la degradación de estos, así como la pérdida en sus contenidos en materia orgánica, nutrientes para las plantas y población microbiana en general, quedando el estado de conservación de los suelos con la siguiente secuencia: SBA de ficus > SBA de frutales > SB pastos o flores > SB cultivo intensivo.

REFERENCIAS

- Gerdermann, J. W. y Nicolson, T. H. Spores of mycorrhizae endogone especies extracted from soil by wet sieving and decanting. *Tras. Br. Mycol. Soc.*, 1963, vol. 46, p. 235-244.
- Hernández, A. y Morell, F. Función ecológica de los suelos y su transformación de los ecosistemas a agrosistemas: Suelos Ferralíticos Rojos Lixiviados. Conferencia. En: Encuentro Nacional de Papa. INCA, La Habana (6:2005:La Habana).
- Martínez, A. C.; Mauri, G. y Chan, I. Características biológicas de los principales suelos de Cuba I. Microbiota total. *Ciencias de la Agricultura*, 1983, no. 9, p. 91-102.
- Martínez, A. C.; Mauri, G. y Alemán, I. Características biológicas de los principales suelos de Cuba II. Actividad de la invertasa y la ureasa. *Ciencias de la Agricultura*, 1982, no. 11, p. 67-76.
- Hernández, A.; Ascanio, M. O.; Borges, Y. y Morell, F. Some criteria about global soil change in Cuba. International Conference of Global Soil Change. Instituto de Geología, UNAM, México, 2005.
- Cuba. Minagri. Instituto de Suelos. Nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba. Instituto de Suelos. Agrinfor, La Habana, 1999. 64 p.
- Martínez, A. C.; Mauri, G. y Chan, I. Características biológicas de los principales suelos de Cuba III. Hongos y actinomicetos. *Ciencias de la Agricultura*, 1983, no. 15, p. 59-65.
- Herrera, R. A. Estrategia de funcionamiento de las Micorrizas VA en un bosque tropical. Biodiversidad en Iberoamérica: Ecosistemas, evolución y procesos sociales (Eds. Maximina monasterio). Programa Iberoamericano de ciencias y tecnología para el desarrollo. Subprograma XII, diversidad biológica, Mérida, 1995.
- Phillips, J. M. y Hayman, D. S. Improved procedures for cleaning root and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infections. *Transfer. Britanic: Micology Society*, 1972, vol. 55, p. 159-211.
- Morell, F.; Borges, Y. y Hernández, A. Influencia del cambio de uso de la tierra en algunas propiedades físicas del suelo Ferralítico Rojo Lixiviado. En: Congreso Científico del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (14:2004 nov. 9-12:La Habana), 2004.
- Gomero, L. y Velásquez, H. Bases conceptuales y programáticas para el manejo ecológico de suelos. [Consultado 15-10-2002]. Disponible en: <<http://www.adas.co.uk>>.

12. Luis, A. J. y Martín, J. Manual de Laboratorio. Métodos para el análisis químico y físico de los suelos. Universidad Agraria de La Habana. Facultad de Agronomía. Departamento de Riego, Drenaje y Ciencias del Suelo. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. Departamento de Nutrición de las Plantas y Biofertilizantes. San José de las Lajas. 2003. 37 p.
13. Giovanetti, M. y Mosse, B. An evaluation of techniques to measure vesicular-arbuscular infection in roots. *New Phytologist*, 1980, vol. 84, p. 489-500.
14. Wright, S.; Nichols, K.; Jawson, L.; McKenna, L. y Almen- dras, A. Glomalin-A manageable soil glue. Soil Science Society of America Special Publication Book. [Consulta- do 7-8-2002]. Disponible en <<http://www.nps.usda.gov/publication/htm>>.
15. Soil Survey Staff. Soil Taxonomy. USDA, Second Edition, 1999. 890 p.
16. Wright, S.; Starr, J. L. y Paltineau, I. C. Changes in aggregate stability and concentration of glomalin during tillage management transition. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 1999, vol. 63, no. 6, p. 1821-1829.
17. Wright, S. F. y Upadhyaya, A. A survey of soil for aggregate stability and glomalin, a glycoprotein produced by lyphen of arbuscular mycorrhizal fungi. *Plant and Soil*, 1998, vol. 198, p. 97-107.
18. Wright, S. A pressure cooker method to extract glomalin from soil. Soil Science Society of America Journal. [Con- sultada 8-11-2002]. Disponible en: <[http:// www.nps.usda.gov/publiciti/tm](http://www.nps.usda.gov/publiciti/tm)>.
19. Wright, F. F. y Upandhyaya, A. Quantification of arbuscular mycorrhizal fungi activity by the glomalin concentration on hyphal traps. *Mycorrhiza*, 1999, vol. 8, p. 283-285.
20. Domingo-Olivé, F.; Hooker, J. y Watson, C. Efecto de dife- rentes hongos micorrízicos sobre la agregación y esta- bilidad del suelo. I Congreso de la Sociedad Española de Agricultura Ecológica. Toledo, 1994.

Recibido: 23 de noviembre de 2005

Aceptado: 21 de noviembre de 2006

DIPLOMADOS

Precio: 2000 CUC

Uso y manejo de los biofertilizantes

Coordinador: Dr.C. Nicolás Medina Basso

Duración: 1 año

SOLICITAR INFORMACIÓN

Dr.C. Walfredo 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.mail: posgrado@inca.edu.cu