

# CARACTERIZACIÓN AGROBIOLÓGICA DE LOS SUELOS PARDOS DE LA REGIÓN DE CAMPO FLORIDO EN RELACIÓN CON LOS CAMBIOS EN EL MANEJO AGRICOLA

F. Morell, D. López, A. Hernández y Yenia Borges

Ms.C. F. Morell, Investigador, Dr.C. A. Hernández, Investigador Titular y Yenia Borges, Especialista 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 32700; Ms.C. D. López, Subdirector de la finca “La Rosita” de la UJC Nacional, Campo Florido, Ciudad de La Habana, Cuba

E-mail: [fmorell@inca.edu.cu](mailto:fmorell@inca.edu.cu)

**RESUMEN.** Sobre la base del estudio de perfiles de los suelos siguientes: Cambisol mólico calcárico, Cambisol vértico calcárico y Cambisol órico, calcárico y lítico, bajo diferentes manejos -desde condiciones naturales permanentes hasta suelos con alta degradación por la influencia antrópica en la agricultura-, se llevó a cabo una caracterización biológica mediante los indicadores de conteo de esporas nativas de HMA, peso del endófito, densidad visual, porcentaje infección y contenido de glomalina (PSRG). Se observó una estrecha relación entre la degradación del suelo y la biodiversidad micorrízica edáfica; los mayores valores se encontraron en los suelos mejor conservados, con una disminución progresiva hacia los más degradados por la influencia antrópica.

*Palabras clave:* suelos Pardos, glomalina, influencia antrópica

**ABSTRACT.** Based on the study of the following soil profiles: calcaric mollic Cambisol, calcaric vertic Cambisol and calcaric litic Cambisol, under different managements -from permanent natural conditions until soils with a high degradation as a result of the anthropic influence on agriculture-, a biological characterization was carried out by measuring the indicators of AMF native spore counting, endophyte weight, visual density, infection percentage and glomalin (GRSP) content. A narrow relationship was observed between soil degradation and edaphic mycorrhizal biodiversity; the highest values were recorded in the best preserved soils, with a progressive decrease towards the most degraded ones due to the anthropic influence.

*Key words:* Cambisols, glomalin, anthropic influence

## 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 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 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, pues 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 desempeñan 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, 5). Por otra parte, es ampliamente señalado el efecto desfavorable que ejercen los manejos inadecuados del suelo sobre sus propiedades físico-químicas y biológicas, en las cuales los microorganismos de referencia se ven severamente afectados (6, 7, 8, 9).

Son numerosos los trabajos realizados por la mayoría de los investigadores, con el objetivo de mejorar o incrementar los rendimientos de los cultivos, incluyendo los aportes de diversas fuentes de abonos orgánicos y la implementación de diferentes tipos de biofertilizantes con diversos usos, respectivamente. No obstante, se hace necesario obtener resultados que diagnostiquen con precisión los índices de degradación de las propiedades químico-físicas y biológicas de los suelos, como resultado de la acción antrópica.

Teniendo en cuenta la problemática anteriormente expuesta, los objetivos de este trabajo son caracterizar algunos de los principales índices de degradación de las propiedades agrobiológicas en suelos Pardos, en función de la influencia antropogénica, así como

contribuir con el establecimiento de índices de diagnóstico de la formación agrogénica en dichos suelos, para perfeccionar la clasificación y cartografía de los suelos de Cuba.

#### MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se basó en los resultados de la caracterización de los parámetros químicos y físicos de los suelos Pardos pertenecientes a la finca de la UJC “La Rosita”, ubicada en la región de Campo Florido, Ciudad de La Habana. Se seleccionaron tres perfiles de los suelos más representativos en relación con la influencia antrópica, los que se describen a continuación:

1. Cambisol mólico calcárico (tomado en condiciones naturales bajo arboleda de cocotero)
2. Cambisol vértico calcárico (tomado en áreas de cultivo)
3. Cambisol ócrico, calcárico y lítico (tomado en un área dedicada a la ganadería).

La descripción y caracterización de las propiedades de los perfiles se realizaron por el Manual metodológico para la cartografía detallada y evaluación integral de los suelos (10). Para la clasificación se utilizó la Nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba (11), aplicando al mismo tiempo la clasificación del *World Reference Base* (12) y la *Soil Taxonomy* (13). Los datos referentes a los resultados de los análisis de químicas y físicas se realizaron según el Manual de laboratorio sobre los métodos para el análisis químico y físico de los suelos (14), que aparecen a continuación:

*Análisis físico-químico de los suelos en estudio.* Para realizarlo, se toman como referencia los datos de sus caracterizaciones físicas y químicas. En la Tabla I se presentan los resultados de los análisis mecánicos y micro-estructura, así como de materia orgánica, pH y contenido de bases intercambiables de los suelos en estudio.

Tabla I. Análisis mecánico y de micro-estructura de los perfiles de los suelos Pardos en estudio

Prof. cm	% tamaño de las fracciones en mm					<0,002 mm microagregados	Coeficiente de dispersión
	2,0-0,2	0,2-0,02	0,02-0,01	0,01-0,002	<0,002		
Pardo mullido calcárico carbonatado (arboleda)							
0-10	25.96	4	4	8	56.04	24.02	42.86
10-44	29.96	0	4	2	64.04	34.02	53.12
44-65	47.96	0	4	2	46.04	42.02	91.27
65+	43.96	4	2	2	48.04	42.02	87.46
Pardo ócrico vértico calcárico medianamente lavado (cultivado)							
0-10	27.96	4	4	4	60.04	46.02	76.65
10-34	61.96	2	0	2	34.04	48.02	141.07
34-47	35.96	2	2	4	56.04	60.02	107.10
47-62	41.96	2	0	4	52.04	56.02	107.64
62+	31.96	4	4	2	58.04	42.02	72.40
Pardo ócrico, carbonatado y lítico (degradado)							
0-11	53.96	2	6	4	34.04	18.02	52.94
11-22	77.96	4	0	2	16.04	-	-
22+	-	-	-	-	-	-	-

En esta tabla se observa que es común la textura arcillosa para los tres suelos, con contenidos superiores en el horizonte superficial, aspecto característico de los suelos formados bajo el proceso de Sialitización, lo que diagnostica la presencia de un horizonte principal Siálico (11).

Un aspecto importante que es necesario destacar en estos suelos son los altos valores presentados con respecto al coeficiente de dispersión, debido principalmente al tipo de mineral arcilloso presente en ellos, mineral del tipo 2:1 de alta dispersión, que por su alta capacidad de dilatación-contracción, en época de seca se encuentra en estado contraído, pero al llegar la época de lluvia, estos micro-agregados sufren una dilatación producto del tipo de mineral arcilloso, que los hace estallar, provocando la dispersión de la arcilla.

En la Tabla II se observa una disminución gradual de la materia orgánica, a medida que el suelo se encuentra más degradado. Los mayores valores se muestran en el perfil 1, que presenta los valores más elevados en el horizonte A, con una disminución uniforme del contenido de materia orgánica a través del perfil.

Tabla II. Determinación del contenido en materia orgánica y algunas características físico-química de los perfiles de los suelos Pardos en estudio

		Cationes intercambiables (c mol. kg <sup>-1</sup> )						
Horizonte	Profundidad (cm)	Na	K	Ca	Mg	P(ppm)	MO (%)	pH (H <sub>2</sub> O)
<b>Pardo mullido cálcico carbonatado</b>								
AO	0-10	0,65	1,17	35,5	14,5	190	5,46	7,9
AB	10-28	0,54	0,26	6,8	4,2	116	3,5	8
B21 ca	28-48	0,43	0,17	8,1	3,2	66	2	8
C	B 48+	0,34	0,17	7,7	3,5	71	1,6	7,9
<b>Pardo ócrico vértico cálcico medianamente lavado</b>								
AB	0-10	1,41	0,86	39,5	11,5	266	1,56	8,2
B21 vert.	10-34	0,86	0,28	7,2	6,2	68	0,9	7,2
B22 vert.	34-47	0,8	0,35	30	6,8	88	1	7,9
BC ca	62 +	0,45	0,11	38,8	6,5	119	0,6	8,2
<b>Pardo ócrico, carbonatado y lítico</b>								
BA ca	0-11	0,13	0,92	21,8	6,2	413	3,3	7,9
CR ca	11+	0,008	0,19	13,4	5,6	9	0,8	8,3

Esto no sucede así para el caso del suelo cultivado P2, en el que existe una disminución de la MO en el perfil a medida que aumenta la profundidad, pero de manera irregular, hecho que puede estar influido por las labores de aradura e inversión del prisma. Un aspecto importante es el contenido de MO en el horizonte superficial del suelo P3, el cual es superior al presentado en el P2, con mejor grado de conservación que el suelo anterior. Este aspecto puede estar influido por la presencia del cultivo de pastos en este suelo, que se encuentra de manera permanente en él.

*Indicadores biológicos evaluados.* El porcentaje de colonización micorrízica o frecuencia de colonización (% Col.) se realizó mediante la técnica de tinción (15), evaluándose por el método de los interceptos *Grin line Intersept* (16), la densidad visual (% DV) y masa del endófito (EA), parámetros que miden la intensidad de la colonización (17), 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 (1) y Glomalina total por el método de Wrigth y Upandhyaya (18).

*Análisis estadísticos empleados.* Para el análisis de las muestras de colonización micorrízica y contenido de glomalina, estas se tomaron a una profundidad de 0-20 cm en los tres suelos evaluados, de forma aleatoria y los datos se procesaron mediante el paquete estadístico *Statgraphics® Plus 5.1*. Los datos de porcentaje de colonización fueron transformados en arco seno de la  $\sqrt{x}$ , a los que se les aplicó la Dócima de Rango Múltiple de Duncan.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### **Caracterización biológica de los suelos en estudio**

*Extracción de esporas de los suelos en estudio.* En la Figura 1 se presentan los valores de las esporas nativas por género de los 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 la especie.

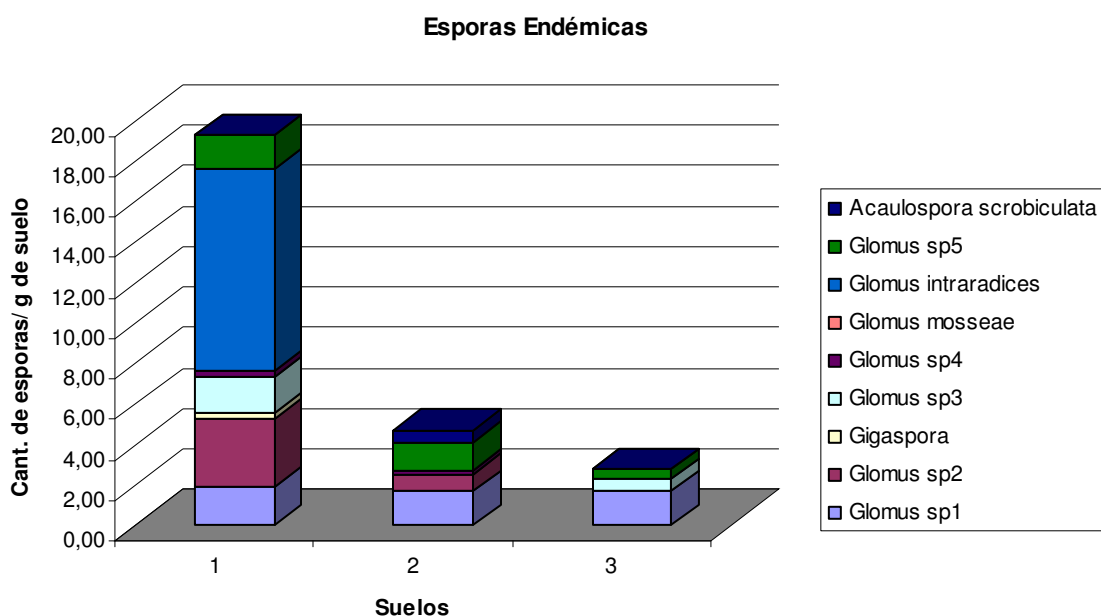


Figura 1. Contenido de esporas nativas de los suelos en estudio

Leyenda:

P1. Pardo mullido cálcico carbonatado

P2. Pardo ócrico vértico cálcico medianamente lavado

P3. Pardo ócrico, carbonatado y lítico

En el perfil con mayor grado de conservación (P1), se pudo observar la presencia de siete tipos de *Glomus*, además de los géneros *Acaulospora* y *Gigaspora*. A medida que los suelos son sometidos a procesos de degradación, las poblaciones micorrízicas fueron disminuyendo, como es el caso del suelo P2, que además de presentar menor número de poblaciones micorrízicas con respecto a P1, no se encontró presencia de los géneros *Gigaspora*, *Glomus sp3*, *Glomus mosseae* y *Glomus intraradices*. Situación similar ocurre en el P3, donde no solo se observa una disminución de especies, sino además menor número de esporas por especie con respecto a los suelos más conservados.

Algunos plantean la importancia de la presencia de materia orgánica en las poblaciones microbianas (3, 4, 5) y al evaluar la actividad de la ureasa e invertasa en los principales suelos de Cuba, que son enzimas que se encuentran en el suelo como producto de la actividad vital de la flora microbiana, su presencia iba a estar estrechamente relacionada con la cantidad de materia orgánica presente en esos suelos.

Otros trabajos corroboran estos resultados (19), donde al evaluar los contenidos de HMA y biomasa microbiana tanto en los sistemas de bosques secundarios como agrícolas bajo un suelo Ultisol Típico (Alítico de baja actividad arcillosa), se observó cómo en los suelos bajo sistemas agrícolas las poblaciones de HMA y biomasa microbiana se redujeron considerablemente.

De esta manera, al evaluar fincas bajo manejo convencional y manejo orgánico, donde se evaluaron indicadores como la tasa de respiración microbiana, el conteo de microorganismos y la biomasa microbiana, se observó un detrimento en las variables analizadas en los suelos bajo manejo convencional respecto al manejo orgánico, además de que en este último el riesgo de degradación física fue moderado (20).

*Colonización micorrízica.* Al analizar la colonización micorrízica, densidad visual y masa del endófito arbuscular (Tabla III), variables que expresan no solo la presencia del simbionte sino la intensidad de la colonización, se pone de manifiesto un comportamiento similar al encontrado para la variable anteriormente evaluada. En este caso, los mayores valores micorrízicos aparecen en el suelo más conservado (P1), presentando diferencias significativas con el resto (P2 y P3), tanto para el porcentaje de colonización como para la densidad visual y masa del endófito, aunque estos dos últimos indicadores evaluados no difieren significativamente entre ellos en P2 y P3.

Se pudo constatar que en el suelo más conservado aparece una fuerte presencia fúngica y un elevado peso del endófito respecto a los otros suelos, los que van disminuyendo a medida que se va degradando el suelo por efecto antropogénico, lo cual es un indicativo de la pérdida de la actividad micorrízica natural de estos suelos.

Tabla III. Resultado de la tinción de raíces en plantas presentes en los suelos en estudio

Muestra	Peso (mg)	% de colonización	asen√%col	Densidad visual %	Masa del endófito
P1	200	77.57	1.08 a	7.57 a	15.15 a
P2	200	54.33	0.83 c	2.76 c	5.52 c
P3	200	66.00	0.95 b	4.30 b	8.61 b
Es. media			0,0127657	0,360391	1,09414

Letras diferentes difieren significativamente

Un suelo bajo un bosque natural o arboleda presenta determinadas condiciones en cuanto al clima del suelo, el estado estructural y la cantidad de materia orgánica por el gran aporte que realizan las hojas de los árboles, la cual es de vital importancia tanto para la estructuración del suelo como para la nutrición de los microorganismos. A medida que interviene la acción antrópica a través de la deforestación, cambia el régimen hídrico y térmico de los suelos, su fertilidad y la biodiversidad general del ecosistema, lo que repercute grandemente en las poblaciones microbianas de este suelo que ha sido transformado, disminuyendo esta considerablemente y si además se le añade la aplicación de paquetes tecnológicos con altos insumos y el empleo irracional de la maquinaria, esto trae consigo el empobrecimiento de estas poblaciones (21, 22).

Los resultados de este trabajo también son corroborados por otros estudios realizados (9), donde al evaluar indicadores como la actividad biológica en tres métodos de manejo (dos métodos convencionales y no laboreo), además de evaluar este indicador en un suelo bajo condiciones naturales, se observó que con el no laboreo se obtenían valores más elevados que con los tradicionales, ya el suelo en condiciones naturales presentó valores de actividad biológica superiores que los tres manejos anteriormente mencionados.

*Extracción de Glomalina (PSRG).* En los resultados del análisis de la Glomalina (Figura 2), glicoproteína soluble específica de los HMA, actualmente descrita o citada como proteína de suelo relacionada con glomalina (PSRG) al producto de la mezcla de proteínas resultantes de la extracción con citrato de sodio (23; 24), que está estrechamente relacionada con el micelio fúngico, las raíces de las plantas y la formación de agregados, con la conjunta mejora de la estructura en los suelos (25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32), se observan diferencias significativas entre los suelos en estudio, con tendencia a la disminución a medida que los perfiles analizados están menos conservados.

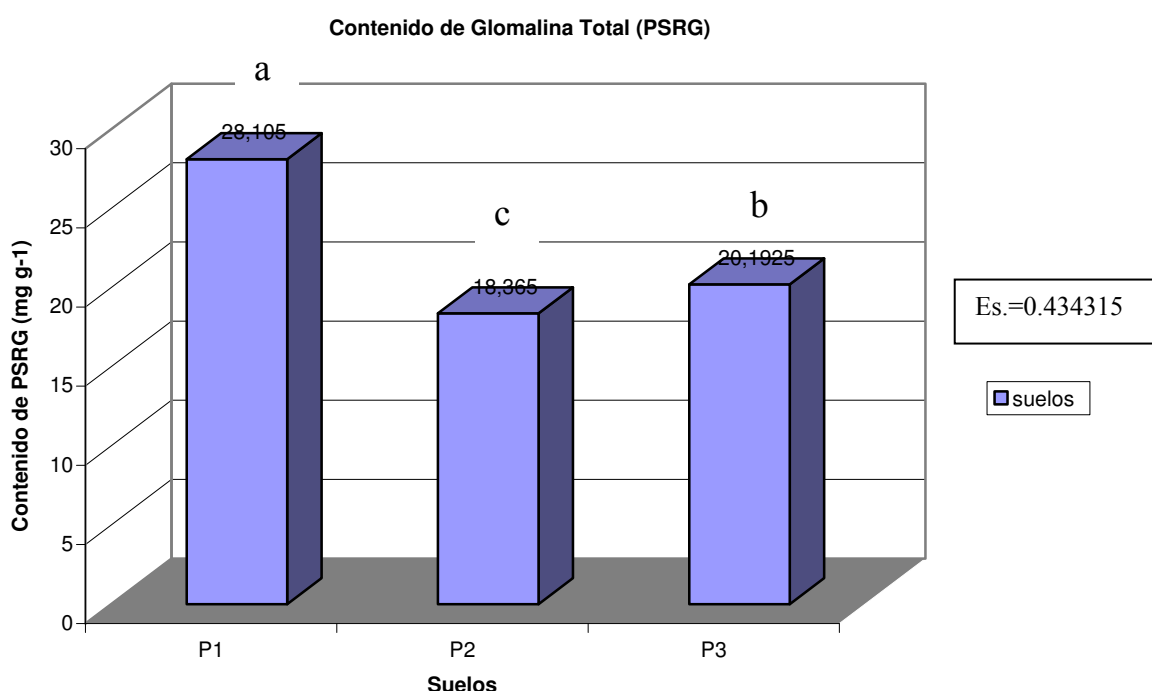


Figura 2. Contenido de Glomalina presente en los suelos en estudio

Leyenda:

P1. Pardo mullido cálcico carbonatado

P2. Pardo ócrico vértico cálcico medianamente lavado

P3. Pardo ócrico, carbonatado lítico

En esta variable se pudieron observar elevadas concentraciones en el suelo natural (P1) y una sensible disminución hacia los suelos P2 y 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 las variables analizadas, criterio que corrobora el efecto del manejo inadecuado de los suelos sobre el detrimento de su actividad biológica (9).

Es necesario destacar la presencia de valores significativamente superiores en cuanto al contenido de PSRG en el suelo degradado P3 con respecto al cultivado P2, a pesar de poseer condiciones menos favorables para su desarrollo biológico. Respecto a esto, se realiza un experimento (33), con el objetivo de probar en qué medida eran capaces los hongos micorrízicos, mediante la producción de glomalina, de modificar el medio en que se desarrollan. Dicho autor también obtiene que en suelos poco estructurados, es decir, con estructura desfavorable, se producía una reducción en cuanto a la longitud de la hifa de alrededor de un 80 % respecto al de estructura favorable, pero contrario a esto las producciones de glomalina fueron siete veces superiores en el suelo con mala estructura respecto al bien estructurado. Estos resultados se corroboran con los obtenidos en el presente trabajo, demostrando la respuesta de los HMA al medio en que se desarrollan y cómo pueden estos transformarlo en dependencia de sus necesidades fisiológicas.

Otros plantean que la agregación es un proceso complejo, que incluye sustancias cementantes producidas por hongos, plantas y bacterias, estas últimas 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, lo cual se encuentra en estrecha relación con el estado de conservación en que se encuentre dicho suelo (28, 34, 35).

Se puede concluir que para los suelos en estudio, a medida que va siendo más intensa la acción antrópica, mayores serán las modificaciones o pérdidas en la estructura de los suelos, hasta un punto que conlleva a su degradación, así como la pérdida en sus contenidos en materia orgánica, nutrientes para las plantas y actividad biológica en general.

#### REFERENCIAS

1. 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.
2. Hernández, A. y Morell, F. Función ecológica de los suelos y su transformación de los ecosistemas a agrosistemas: Suelos Ferralíticos Rojos Lixiviados. Conferencia impartida en VI Encuentro Nacional de Papa. INCA, La Habana, 2005.
3. Martínez, A. C.; Mauri, G y Alemán, I. Características biológicas de los principales suelos de Cuba. I. Actividad de la invertasa y ureasa. *Ciencias de la Agricultura*, 1982, no. 11, p. 67-76.
4. Martínez, A. C.; Mauri, G y Chan, I. Características biológicas de los principales suelos de Cuba. II. Microbiota total. *Ciencias de la Agricultura*, 1983, no. 9, p. 91-102.
5. 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.
6. Morell, F., Hernández, A. Degradación de las propiedades agrobiológicas de los suelos Ferralíticos Rojos Lixiviados por la influencia antrópica y su respuesta agro-productiva al mejoramiento. 2006. Publicación electrónica. ISBN 959-7023-35-0.
7. Morell, F., Hernández, A., Fernández, F. y Toledo, Y. 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. *Cultivos Tropicales*, 2006. ISSN 0258 - 5936.
8. Srivastava, R.; Roseti, D.; Sharma, A. K. The evaluation of microbial diversity in a vegetable based cropping system under organic farming practices. *Applied Soil Ecology*, 2007, vol. 36, no. 2-3, p. 116-123.
9. Green, D. E., Stott, M., Cruz, J. C., Curi, N. Tillage impacts on soil biological activity and aggregation in a Brazilian Cerrado Oxisol. *Soil Tillage Research*, 2007, vol. 92. p. 114-121.
10. Hernández, A., Paneque, J., Pérez, J. M., Mesa, A., Bosch, D., Fuentes, E. Metodología para la cartografía detallada y evaluación integral de los suelos. Instituto de Suelos y Dirección Nacional de Suelos y Fertilizantes, La Habana, 1995. 53 p.
11. Hernández, A., Pérez, J. M., Bosch, D., Rivero, L. Nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba. Instituto de Suelos. AGRINFOR, La Habana, 1999. 64 p.

12. IUSS Working Group WRB. World Reference Base for Soil Resource. World Soil Resource Reports No. 103. FAO. 2006.
13. Soil Survey Staff. Keys to Soil Taxonomy. USDA, Natural Resources Conservation Service. Tenth Edition, 2006.
14. 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.
15. Phillips, J. M. y Hayman, D. S. Improved procedures for cleaning roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infections. *Tranfer. Britanic: Micology Society*, 1972, vol. 55, p. 159-211.
16. Giovanetti, M. y Mosse, B.. An evaluation of techniques to measure vesicular-arbuscular infection in roots. *New Phytologist*, 1980, vol. 84, p. 489-500.
17. 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 ciencia y tecnología para el desarrollo. Subprograma XII, diversidad biológica, Mérida. 1995.
18. Wrigth, F. F. y Upandhyaya, A. Quantification of arbuscular mycorrhizal fungi activity by the glomalin concentration on hyphal traps. M. H. Beare aT1, S. Hu aT2, D. C. Coleman a, P.F. Hendrix b. 1999.
19. Alegre, L.; Pashanasi, B. y Plam, C. Efecto del manejo de suelos sobre las propiedades biológicas de los suelos en los trópicos húmedos del Perú. XV Congreso Latinoamericano y V Cubano de las Ciencias del Suelo. Sociedad Cubana de la Ciencia del Suelo. 2001, no. 4. ISSN 1609-1876.
20. Ramírez, L. Indicadores de sostenibilidad para el manejo de suelos agrícolas. XV Congreso Latinoamericano y V Cubano de las Ciencias del Suelo. Sociedad Cubana de la Ciencia del Suelo. 2001, no. 4. ISSN 1609-1876.
21. Morell, F., Borges, Y. y Hernández, A. Influencia del cambio de uso de la tierra en algunas propiedades físicas del suelo Ferralítico Rojo Lixiviado. XIV Congreso Científico del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA). La Habana, 2004, 9-12 de noviembre.
22. Hernández, A. y Morell, F. Función ecológica de los suelos y su transformación de los ecosistemas a agrosistemas: Suelos Ferralíticos Rojos Lixiviados. Conferencia impartida en VI Encuentro Nacional de Papa. INCA, La Habana. 2005.
23. Rosier, C. L., Hoye, A. T., Rillig, M. C. Glomalin-related soil protein: assessment of current detection and quantification tools (on line). *Soil Biology and Biochemistry*, 2006, vol. 38, p. 2205–2211.
24. Rillig, M. Arbuscular mycorrhizae, glomalin, and soil aggregation. *Canadian Journal of Soil Science*, 2004, p. 10.
25. Wright, S. A. Fluorescent antibody assay for hyphae and glomalin from arbuscular mycorrhizal fungi. *Plant and Soil Journal*, 1999.
26. Wright, S., Jawson, L. A pressure cooker method to extract glomalin from soils. *Soil Science Society of America Journal*, 2000.
27. Wright, S.; Nichols, K.; Jawson, L.; McKenna, L. y Almendras, A. Glomalin, a manageable soil glue. Soil Science Society of America Special Publication Book. 2001. Disponible en <http://www.nps.usda.gov/publication/htm/07/8/02>.
28. Wright, S. Artificial climate warming positively affects arbuscular mycorrhizae but decreases soil aggregate water stability in annual grassland. 2002.
29. Beare, T1, Hu aT, S., Coleman, D. C., Hendrix, P. F. Influence of mycelial fungi on soil aggregation and organic matter storage in conventional and no-tillage soils. *Applied Soil Ecology*, 2007, vol. 5, p. 211-219.
30. Rosier, C. L.; Piotrowski, J. S.; Hoye, A. T.; Rillig, M. C. Intraradical protein and glomalin as a tool for quantifying arbuscular mycorrhizal root colonization. *Pedobiología*, 2008, vol. 52, no. 8, p. 41-50.
31. Purin, S.; Rillig, M.. Immuno-cytolocalization of glomalin in the mycelium of the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus intraradices*. *Soil Biology & Biochemistry*, 2008, vol. 40, p. 1000-1003.
32. Bedini, S.; Pellegrino, E.; Avio, L. Pellegrini, S.; Bazzoffi, P. Changes in soil aggregation and glomalin-related soil protein content as affected by the arbuscular mycorrhizal fungal species *Glomus mosseae* and *Glomus intraradices*. *Soil Biology & Biochemistry*, 2009, vol. 41, p. 1491–1496.

33. Rillig, M. C.; Steinberg P. D. Glomalin production by an arbuscular mycorrhizal fungus: a mechanism of habitat modification?. *Soil Biology & Biochemistry*, 2002, vol. 34, p. 1371–1374.
34. Olivé, F. D., Hooker, J., Watson, C. Efecto de diferentes hongos micorrízicos sobre la agregación y estabilidad del suelo. I Congreso de la Sociedad Española de Agricultura Ecológica. Toledo, septiembre. Departament de Medi Ambient i Ciències del Sòl, Universitat de Lleida. Av. Rovira Roure 177, 25198 Llérida. 1994.
35. Hontoria, C; Velásquez, R., Benito, M., Almorox, J., Moliner, A. Bradford-reactive soil proteins and aggregate stability under abandoned versus tilled olive groves in a semi-arid calcisol. *Soil Biology & Biochemistry*, 2009, vol. 41, p. 1583-1585.