

# CARACTERIZACIÓN AGROBIOLÓGICA DE LOS SUELOS PARDOS DE LA REGIÓN DE CAMPOFLORIDO, EN RELACIÓN CON EL CAMBIO EN EL MANEJO AGRICOLA

Morell, F.<sup>1</sup>; López, D.<sup>2</sup>; Hernández, A.<sup>1</sup>; Borges, Y.<sup>1</sup>

1. *Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA). Ministerio de Educación Superior (MES, Cuba).*
2. *Finca de la UJC Nacional "La Rosita"*

## 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 (Gerdermann, J. W. y Nicolson, 1963). 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 (Hernández, A. y Morell, F, 2005).

Los microorganismos constituyen un factor importante en el proceso de formación de suelo; participan en la transformación de compuestos orgánicos y minerales, e influyen en el contenido y 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 (Martínez y Mauri, 1982; 1983a y 1983b). Por otro es ampliamente señalado el efecto desfavorable que ejercer los manejos inadecuados del suelo sobre las propiedades físico-químicas y biológicas de los suelos, dentro de las cuales los microorganismos, a los cuales hemos estado haciendo referencia se ven severamente afectados (Morell, F. 2006 a; 2006 b.; Rashmis et al., 2007; Green, et al., 2007).

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 diversas fuentes de abonos orgánicos e implementación diferentes tipos de biofertilizantes, con diversos usos respectivamente. No obstante, se hace necesario la obtención de resultados que diagnostiquen con precisión los índices de la degradación de las propiedades de los suelos, tanto química – física como biológicas, como resultado de la acción antrópica.

Teniendo en cuenta la problemática anteriormente expuesta nos planteamos los siguientes objetivos: Caracterizar algunos de los principales índices de degradación de las propiedades agrobiológicas en suelos Pardos, en función de la influencia antropogénica. Contribuir al establecimiento de índices de diagnóstico de la formación agrogénica en los suelos Pardos, que sirvan para el perfeccionamiento de la clasificación y cartografía de los suelos de Cuba.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para el trabajo se toman como base los resultados obtenidos de la caracterización de los parámetros químicos y físico de los suelos Pardos en estudio, pertenecientes a la finca de la UJC "La Rosita" ubicada en la región de Campo Florido, Provincia Ciudad de la Habana. Se seleccionaron tres perfiles de los suelos más representativos en relación a la influencia

antrópica, los cuales se describen a continuación:

**Perfil: P1** (Tomado bajo condiciones naturales bajo arboleda de cocotero (Arboleda))

Horizonte principal: Sialítico

Horizonte normal: Mullido, cálcico

Características de diagnóstico: Con Carbonatos

Clasificación: Pardo mullido cálcico carbonatado

World Reference Base (IUSS, 2006): Cambisol mólico calcárico

Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 2003):

**Tabla 1. Caracterización del suelo P1**

Horz.	Prof. (cm.)	Descripción
AO	0-10	Color gris oscuro, franco arcilloso, estructura nuciforme granular, con abundante presencia de gravitas, y raíces, reacciona al HCL, medianamente húmedo, transición notable
AB	10-44	Arcilloso (mayor que el horzt. anterior), abundante presencia de raíces, estructura nuciforme granular, reacciona al HCL, (menos que el anterior), poco poroso abundante presencia de gravitas, húmedo, transición gradual.
B21ca	44-65	Mas arcilloso que el anterior, estructura en bloques subangulares, que se desmenuzan en nuciforme granular, presencia de carbonatos secundario en forma de pseudomicelio pero muy escasa, transición gradual, presencia abundante de raíces y gravitas, húmedo. reacciona al HCL
B22 ca	65+	Arcilloso, húmedo, estructura en bloques subangulares que pasan a nuciforme granular abundante presencia de carbonatos secundario en forma de pseudomicelio, presencia de raíces abundante presencia de gravitas de serpentinita.

**Perfil: P2** (Tomado en áreas de cultivo (Cultivado))

Horizonte principal: Sialítico

Horizonte normal: vértico, cálcico

Características de diagnóstico: Con Carbonatos

Clasificación: Pardo ócrico vértico cálcico medianamente lavado

World Reference Base (IUSS, 2006): Cambisol vértico calcárico

Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 2003):

**Tabla2. Caracterización del suelo P2**

Horz.	Prof. (cm.)	Descripción
AB	0-10	Arcilloso, color pardo grsaceo, consistencia friable, perturbado, presencia abundante de gravitas, escasa presencia de raíces, no reacciona al HCL, medianamente húmedo, abundante presencia de poros, transición notable.
B21 vert.	10-34	Arcilloso, húmedo, presencia de bloques prismáticos con caras de deslizamiento los cuales por fuera son poco porosos, no reaccionan al HCL, sin presencia de raíces con cutanes de presión grandes y bien marcados, por dentro presentan escasez de poros, poros grandes, no reacciona al HCL. Muy plástico con pocas raíces, presencia de grietas , transición gradual
B22 vert.	34-47	Descripción ídem al anterior, transición notable
B23	47-62	Color pardo amarillento, textura franco arcillosa, estructura en bloques angulares de 5 a 7 cm. Húmedo, presencia de carbonatos secundarios en forma de ojos blancos, reacciona al HCL, no hay presencia de raíces transición gradual.
BCca	62+	Presencia de material de origen serpentinitico con una cobertura de caliza suave intemperizada, reacción fuerte al HCL

**Perfil: P3** (Tomado en área dedicada a la ganadería (degradado))

Horizonte principal: Siálico

Horizonte normal: ócrico

Características de diagnóstico: Con Carbonatos y contacto lítico

Clasificación del suelo:

Cubana (Hernández et al., 1999): Suelo Pardo ócrico, carbonatado y lítico

Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 2003): Ochric lithic Haplustept

World Reference Base (IUSS, 2006): Cambisol ócrico, calcárico y lítico.

**Tabla 3. Caracterización del suelo P3**

Horz.	Prof. (cm.)	Descripción
BAca	0-11	Color pardo (7,5YR5/4), franco arcilloso, estructura granular, friable, poroso, con gravas y muchas gravitas de color oscuro, con muchas raíces finas, reacciona al HCl, transición notable
Cca	11-22	Material desintegrado de color rojo amarillento (5YR5/6), con manchas blancas (5YR8/1) de caliza, reacciona al HCl, transición notable
R	22-+	Roca serpentizada, con estratificaciones de caliza

La descripción y la caracterización de las propiedades de los perfiles se realizó por el Manual Metodológico para la Cartografía Detallada y la Evaluación Integral de los Suelos de Hernández et al., (1995). Para la clasificación se utilizó la Nueva Versión de Clasificación Genética de los Suelos de Cuba (Hernández et al. 1999), aplicando al mismo tiempo la clasificación por el World Reference Base (IUSS, 2006) y la clasificación Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 2006). Los datos referentes a los resultados de los análisis de químicas y físicas fueron realizados según el Manual de Laboratorio. Métodos para el Análisis Químicos y Físico de los Suelos (Luis et al., 2003) los cuales aparecen a continuación:

#### **Indicadores biológicos evaluados**

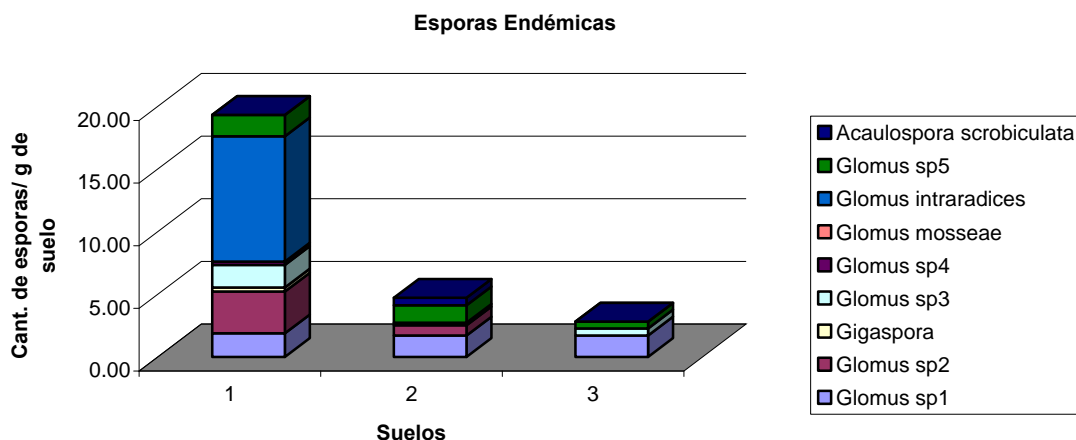
Porcentaje de colonización micorrízica o frecuencia de Colonización (% Col.) mediante la Técnica de Tinción (Phillips y Hayman (1975) se evaluó por el método de los Interceptos "Grin line Intercept" (Giovanetti y Mosse (1980)). Densidad Visual (% DV) y la Masa del Endófito (EA), parámetros que nos mide la intensidad de la colonización (Herrera et al. (1995). 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 (Gerdemann y Nicolson (1963). Glomalina (total y fácilmente extraíble), (Wright and Upandhyaya, 1999).

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

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

##### **Extracción de esporas de los suelos en estudio**

En la Gráfica 1, se presentan los valores de esporas por géneros 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 mas degradado (P1>P2>P3), sino también se vio afectada la abundancia de especie.



**Gráfica # 1. Contenido de esporas endófitas 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 del género *Acaulospora* y *Gigaspora*. A medida de que los suelos son sometidos a procesos de degradación, las poblaciones micorrízicas fueron disminuyendo, como es el caso del suelo P2, el cual 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 suelo P3 donde no solo se observa una disminución de especies, sino además menor número de esporas por especies con respecto a los suelos más conservados

Autores como Martínez y col, (1982; 1983a; 1983b), plantean la importancia de la presencia materia orgánica en las poblaciones microbianas 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, y su presencia iba a estar estrechamente relacionada con la cantidad de materia orgánica presente en esos suelos.

Otros trabajos que corroboran nuestros resultados, son los obtenidos por Alegre, J. et al., (2001), donde al evaluar los contenidos de hongos micorrísicos arbusculares y biomasa microbiana en sistemas de bosques secundarios y sistemas agrícolas bajo un suelo Ultisol Típico (Alítico de baja actividad arcillosa), observó como en los suelos bajo sistemas agrícolas, las poblaciones tanto de HMA como la biomasa microbiana, se redujeron considerablemente.

De esta misma manera al evaluar fincas bajo manejo convencional, y bajo manejo orgánico, donde se evaluaron indicadores como tasa de respiración microbiana, conteo de microorganismos y biomasa microbiana, se obtuvo que hubo un detrimento en las variables analizadas en los suelos bajo manejo convencional con respecto al manejo orgánico, además en este último el riesgo de degradación física fue moderado (Ramírez, L. 2001).

### **Colonización Micorrízica**

Al analizar la colonización micorrízica, así como la densidad visual y la masa del endófito arbuscular (tabla 4), 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 micorrísicos aparecen en el suelos mas conservado (P1), presentando diferencias significativas con el resto de los suelos (P2 y P3), tanto para el % de colonización como para la densidad visual y la masa del endófito, aunque estos dos últimos indicadores evaluados no difieren significativamente

entre ellos en los suelos P2 y P3.

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

**Tabla 4. Resultado de la tinción de raíces efectuada a plantas presentes en los suelos en estudio**

Muestra	Peso en (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

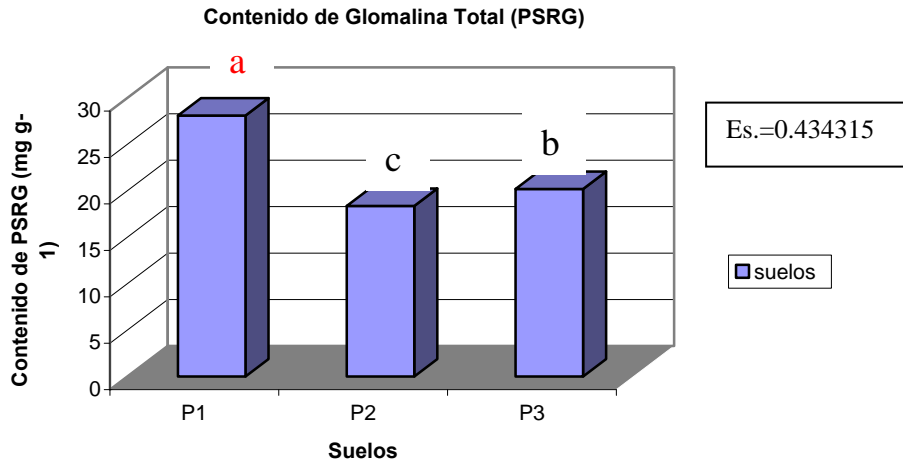
Letras diferentes difieren significativamente

Un suelo bajo un bosque natural o arboleda presenta determinadas condiciones en cuanto a clima del suelo, estado estructural del mismo, cantidades de materia orgánica producto del gran aporte que realizan las hojas de los árboles, la cual es de vital importancia 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 empleo irracional de la maquinaria trae consigo el empobrecimiento de estas poblaciones (Morell, F. et al., 2004; Hernández et al., 2005).

Nuestros resultados también son corroborados por los estudios realizados por Green et al., (2007), 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, observó que con el método de no laboreo obtenía los valores mas elevados que con los métodos tradicionales, ya el suelo bajo 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 (Gráfica 2.), glicoproteína soluble específica de los hongos formadores de micorizas arbusculares, actualmente descrita o citada como proteínas de suelos relacionadas con glomalina (PSRG) al producto de la mezcla de proteínas resultantes de la extracción con citrato de sodio (Rosier et al., 2006; Rillig, 2004) , la cual esta estrechamente relacionada, conjuntamente con el micelio fúngico, las raíces de las plantas, y la formación de agregados, con la conjunta mejora de la estructura en los suelos (Wright, 1999 ; Wright S; Jawson L 2000; Wright, S.; Nichols, K 2001; Wright S. 2002; Beare y col, 2007; Rosier et al., 2008; Purin, S. y Rillig, 2008; Bedini et al., 2009), se observan diferencias significativas entre los suelos en estudio, con una tendencia a la disminución a medida que los perfiles de suelos analizados estaban menos conservados.



## Gráfica # 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 pudo constatar 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 esta 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 este que corrobora el efecto del manejo inadecuado de los suelos sobre el detrimento de la actividad biológica del mismo (Green y col., 2007)

Es necesario destacar la presencia de valores significativamente superiores en cuanto al contenido de PSRG, en suelo degradado (P3) con respecto al suelo cultivado (P2), a pesar de poseer condiciones menos favorables para el desarrollo biológico en el suelo. Con respecto a esto, Rillig, M. et al., (2002), realiza un experimento con el objetivo de probar en que medida eran capaces los hongos Micorrízicos, mediante la producción de glomalina, de modificar el medio en que se desarrollan. Dicho autor obtiene que en suelos poco estructurados, es decir con estructura desfavorables, se producía una reducción en cuanto a la longitud de la hifa, de alrededor de un 80 % con respecto a un suelo con una estructura favorable, pero contrariamente a esto las producciones de glomalina fueron siete veces superior en el suelo con baja mala estructura con respecto al suelo 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 como pueden los estos transformarlo en dependencia de sus necesidades fisiológicas.

Otros autores quienes 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 (F. Domingo Olivé 1994 y Wright S., 2002; Hontoria et al., 2009).

Se puede concluir que a medida que va siendo más intensa la acción antrópica, mayor serán las pérdidas en la estructura de los suelos, hasta un punto que conlleva a la degradación de los mismos, así como la pérdida en sus contenidos en materia orgánica, nutrientes para las plantas y población microbiana en general.

## Referencias

- Alegre, L.; Pashanasi, B.; y Plam, C. 2001. 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 de Suelo. Sociedad Cubana de la Ciencia de Suelo. No. 4. issn 1609-1876.
- Beare T1, S. Hu aT, D.C. Coleman , P.F. Hendrix. 2007. Influence.s of mycelial fungi on soil aggregation and organic matter storage in conventional and no-tillage soils. *Applied Soil Ecology* 5 (1997) 211-219
- Bedini, S.; Pellegrino, E.; Avio, L. Pellegrini, S.; Bazzoffi, P. 2009. 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* 41. 1491–1496
- F. Domingo Olivé, J. Hooker, C. Watson. 1994. 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. \*\*
- Gerdermann, J. W. y Nicolson, T. H. 1963. Espores of Mycorrhizae endogone especies extracted from soil by wet sieving and decanting. *Tras. Br. Mycol. Soc.* 46, 235 - 244.
- Giovanetti, M. y B. Mosse. 1980. An evaluation of techniques to measure vesicular-arbuscular infection in rotos. *New Phytologist*, 84:489-500.
- Green, D.E. Stott , J.C. Cruz , N. Curi. 2007. Tillage impacts on soil biological activity and aggregation in a Brazilian Cerrado Oxisol. *Soil Tillage Research* 92. pp. 114-121.
- Hernández, A. y Morell, F. 2005. 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.
- Hernández, A., Ascanio, M.O., Borges, Y. y Morell, F. 2005. Some criteria about Global Soil Change in Cuba. International Conference of Global Soil Change. Instituto de Geología, UNAM, México, p.
- Hernández, A., J. Paneque, J.M. Pérez, A. Mesa, D. Bosch, E. Fuentes. 1995. Metodología para la cartografía detallada y evaluación integral de los suelos. Instituto de Suelos y Dirección Nacional de Suelos y Fertilizantes, La Habana, 53p
- 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, 64p. 1999.
- Herrera, R. A. 1995. 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.
- Hontoria, C; Velásquez, R. Benito, M. Almorox, J. Moliner, A. 2009. Bradford-reactive soil proteins and aggregate stability under abandoned versus tilled olive groves in a semi-arid calcisol. *Soil Biology & Biochemistry* 41. 1583–1585
- IUSS Working Group WRB. 2006. *World Reference Base for Soil Resource*. World Soil Resource Reports No. 103. FAO.
- Luis, A, J. y Martín, J. 2003. Manual de Laboratorio. Métodos para el Análisis Químicos 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. 37 p.
- Martínez, A. C.; Mauri, G y Aleman, I. Características biológicas de los principales suelos de Cuba II. Actividad de la invertasa y la ureasa. *Revista "Ciencias de la Agricultura"* 1982. No. 11. pp 67 - 76.
- Martínez, A. C.; Mauri, G y Irma Chan. 1983a. Características biológicas de los principales suelos de Cuba I. Microbiota total. *Revista "Ciencias de la Agricultura"* No. 9. pp 91-102.

- Martínez, A. C.; Mauri, G y Irma Chan. 1983b. Características biológicas de los principales suelos de Cuba III. Hongos y actinomicetos. Revista "Ciencias de la Agricultura" No. 15. pp 59-65.
- 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, 9-12 de Noviembre, 2004.
- Morell, F., Hernández, A. 2006 a. Degradación de las propiedades agrobiológicas de los suelos ferralíticos rojos lixiviados por la influencia antrópica y su respuesta agroproductiva al mejoramiento. Publicación electrónica. ISBN 959-7023-35-0.
- Morell, F., Hernández, A., Fernández, F. Y Toledo, Y. 2006b. 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, ISSN 0258 - 5936.
- Purin S.; Rillig, M. 2008. Immuno-cytolocalization of glomalin in the mycelium of the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus intraradices*. *Soil Biology & Biochemistry* 40. 1000–1003
- Ramírez L. 2001. Indicadores de sostenibilidad para el manejo de suelos agrícolas. XV Congreso Latinoamericano y V Cubano de las Ciencias de Suelo. Sociedad Cubana de la Ciencia de Suelo. No. 4. issn 1609-1876.
- Rashmi Srivastava; David Roseti; A.K. Sharma. 2007. The evaluation of microbial diversity in a vegetable based cropping system under organic farming practices. *Applied Soil Ecology*. Vol. 36. Issues 2-3, , pp 116-123.
- Rillig, M. 2004. Arbuscular mycorrhizae, glomalin, and soil aggregation. *Canadian Journal of Soil Science*. pp-10.
- Rillig, M. C.; Steinberg P. D. 2002. Glomalin production by an arbuscular mycorrhizal fungus: a mechanism of habitat modification?. *Soil Biology & Biochemistry* (34). 1371–1374
- Rosier, C. L.; Piotrowski, J. S.; Hoyer, A. T.; Rillig, M. C. 2008. Intraradical protein and glomalin as a tool for quantifying arbuscular mycorrhizal root colonization. *Pedobiologia* (52 8) 41—50
- Rosier, C.L., Hoyer, A.T., Rillig, M.C., 2006. Glomalin-related soil protein: assessment of current detection and quantification tools (online). *Soil Biology and Biochemistry* 38, 2205–2211.
- Soil Survey Staff. Keys to Soil Taxonomy. USDA, Natural Resources Conservation Service. Tenth Edition, 2006
- Wright S. 2002. Artificial Climate Warming Positively Affects Arbuscular Mycorrhizae But Decreases Soil Aggregate Water Stability in An Annual Grassland.
- Wright S. Jawson L. 2000. A pressure cooker method to extract glomalin from soils. *Soil Science Society of America Journal*.
- Wright S. A fluorescent antibody assay for hyphae and glomalin from arbuscular mycorrhizal fungi. *Plant And Soil Journal*. 1999.
- Wright, S.; Nichols, K.; Jawson, L.; McKenna, L. and Almendras, A. 2001. Glomalin-Amanageable soil glue. *Soil Science Society Of America Special Publication Book*. Disponible en <http://www.nps.usda.gov/publication/htm> 07/8/02
- Wright, F. F. and Upandhyaya A. 1999. Quantification of arbuscular mycorrhizal fungi activity by the glomalin concentration on hyphal traps. M.H. Beare a7\*T1, S. Hu aT2, D.C. Coleman a, P.F. Hendrix b.