



Influencia de la *Canavalia ensiformis* (L). D.C en la actividad biológica y distribución de los agregados del suelo en un área dedicada al cultivo del tabaco

Influences of the Canavalia ensiformis (L) D.C in the biological activity and distribution of the aggregates of the soil in a dedicated area to the cultivation of the tobacco

Ing. Milagros García Rubido¹, Dr.C. Daniel Ponce de León^{II}, Ing. Yenssy Acosta Aguiar¹, Ing. Leonel Martínez Acosta¹

¹ UCTB. Estación Experimental del Tabaco (E.E.T), Finca Vivero, San Juan y Martínez, Pinar del Río, Cuba.

^{II} Universidad Agraria de La Habana (UNAH), San José de las Lajas, Mayabeque, La Habana, Cuba.

RESUMEN. Con el objetivo de determinar la influencia de la canavalia (*Canavalia ensiformis*, L.) como abono verde, en la actividad biológica y la distribución de las clases de agregados del suelo resistentes al agua, en un área de la Estación Experimental de San Juan y Martínez, dedicada al cultivo del tabaco (*Nicotiana tabacum*, L.), se realizó un experimento unifactorial distribuido en bloques al azar con tres variantes y cuatro repeticiones, que incluyen el manejo de la canavalia inoculada con Hongos Micorrízicos Arbusculares (HMA), canavalia sin inocular y el testigo conformado por el suelo en barbecho. Se determinaron los contenidos de materia orgánica (MO), respiración basal edáfica (Rb) y la distribución de los agregados del suelo resistentes al agua. La variante donde se inoculó la canavalia con HMA alcanzó los mejores resultados en los indicadores de respiración basal, contenido total de materia orgánica y la distribución de los agregados del suelo resistentes al agua. Los resultados indican que el tiempo que se dejan expuestos estos suelos a los factores climáticos en el proceso de preparación, puede anular los efectos positivos de los cultivos alternos en el mejoramiento de los indicadores evaluados.

Palabras clave: abono verde, respiración basal edáfica, estabilidad estructural del suelo.

ABSTRACT. With the aim to determine the influence of the *Canavalia ensiformis*, L. as green manure, in the biological activity and the distribution of the classes of aggregates of the soil resistant to the water, in an area the Tobacco Experimental Station in San Juan y Martínez dedicated to the cultivation of the tobacco (*Nicotiana tabacum*, L.), it was carried out an experiment bifactorial distributed of blocks was used at random with three variants and four replications, that it includes the handling of the canavalia inoculated with HMA, canavalia without inoculation and the witness conformed by fallow in the soil. The contents of organic matter (MO), breathing basal of soil (Rb) and the distribution of soil aggregates resistant to the water were determined. The variant where the canavalia was inoculated with HMA it reached the best results in the indicators of breathing of soil, total content of organic matter and the distribution of the aggregates from the resistant soil to the water. The results indicate that the time of rest that are exposed these soil, can annul the positive effects of the alternating cultivations in the improvement of the evaluated indicators.

Keywords: green manure, breathing basal of soil, structural stability of soil.

INTRODUCCIÓN

Las prácticas de manejo tradicionales de los suelos tabacaleros en la provincia Pinar del Río, caracterizadas por el intenso laboreo y el tiempo de exposición a factores erosivos han conducido al declive consecutivo de la fertilidad química,

física y biológica (Bouza *et al.*, 1981). Esta situación constituye una de las causas de disminución de los niveles y la calidad de la producción tabacalera desde la década del 90, además de otros factores ambientales y económicos¹.

La utilización de los abonos verdes ha mostrado su potencialidad para el incremento de la productividad de los cultivos y su sustentabilidad. La siembra de estos en áreas agrícolas cultivadas es una de las alternativas que mejora las características del suelo, minimiza su deterioro y contribuye a restituir la fertilidad perdida, a través del uso de cultivos alternos (Valenti *et al.*, 1988).

Otros beneficios asociados a la utilización de los abonos verdes, es que incrementan la actividad microbiana y la diversidad de los microorganismos del suelo, como los fijadores de N₂ y los hongos micorrízicos arbusculares (HMA)². Su aporte de material orgánico favorece la actividad de los microorganismos y constituyen una fuente de energía para su desarrollo en el suelo (Salamanca *et al.*, 2004).

Las micorrizas, además de los beneficios que le brindan a las plantas³ (Montaño *et al.*, 2001), son promotoras de la formación de agregados estables en el suelo no solo por la acción de las hifas sino por las sustancias agregantes que liberan al medio edáfico (Bronick y Lal, 2005; Wilson *et al.*, 2009; Peng *et al.*, 2011). De hecho los HMA o sus productos (glomalina) han sido propuestos como indicadores de la calidad de los suelos (Vasconcellos *et al.*, 2013).

Autores como Garbisu *et al.* (2007) y Sampaio *et al.* (2011), refieren que la respiración biológica está entre los parámetros utilizados como indicadores de la calidad del suelo; el CO₂ desprendido durante la respiración tiene de acuerdo con Kuzyakov (2006), tres fuentes principales: (I) la rizofera, (II) los residuos de las plantas y el mantillo, y (III) la materia orgánica del suelo (MOS) con las cuales se puede estimar indirectamente la actividad microbiana del suelo denominada

también capacidad respiratoria del suelo⁴ (Alef y Nannipieri, 1995; Pascual *et al.*, 2000).

El contenido de materia orgánica se relaciona con la estabilidad de los agregados del suelo y la dinámica de su formación y destrucción e influye en la respiración biológica del suelo (Bronick y Lal, 2005). Estos aspectos a su vez están influidos por el tipo de cultivo, las comunidades de plantas y el sistema de manejo (Caruso y Rillig, 2011; Kulmatiski y Beard, 2011; Daynes *et al.*, 2013). En este sentido, teniendo en cuenta que el conocimiento de dichos sistemas es esencial para optimizar su fertilidad y mejorar los sistemas agrícolas de producción, se realizó el presente trabajo con el objetivo de determinar la influencia de la canavalia como abono verde, en la actividad biológica y la distribución de las clases de agregados del suelo resistentes al agua, en un área dedicada al cultivo del tabaco.

MÉTODOS

Características del área

El experimento se desarrolló en el período 2011 - 2013, en áreas de la Estación Experimental del Tabaco en el municipio San Juan y Martínez de la provincia Pinar del Río, sobre un suelo Ferralítico Amarillento típico eútrico de acuerdo con la clasificación genética de los suelos de Cuba (Hernández *et al.*, 1999).

En el área experimental los suelos se caracterizan por ser de textura franco arenosa, profundos, pH ligeramente ácido, bajos contenidos de materia orgánica, y pobres en bases cambiables, con altos contenidos de fósforo y potasio (Tabla 1), como resultado de la aplicación continua de fertilizantes minerales de acuerdo a las normas técnicas para el cultivo.

TABLA 1. Algunas características químicas del suelo Ferralítico Amarillento típico eútrico utilizado durante la ejecución del experimento

| pH _{KCl} | P ₂ O ₅ | K ₂ O | M.O | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | Na ⁺ | K ⁺ | S | T |
|-------------------|-------------------------------|------------------|------|--------------------------|------------------|-----------------|----------------|------|------|
| | (mg kg ⁻¹) | | (%) | (Cmol Kg ⁻¹) | | | | | |
| 5,39 | 37,98 | 29,38 | 1,36 | 4,96 | 1,90 | 0,11 | 0,47 | 7,65 | 9,75 |

Diseño experimental

La investigación se realizó en un área total de 462 m², se utilizó un diseño experimental distribuido en bloques al azar con arreglo unifactorial, con tres variantes y cuatro repeticiones. Las variantes estudiadas fueron evaluadas durante dos campañas con los siguientes tratamientos:

1. Canavalia + HMA – Tabaco
2. Canavalia – Tabaco
3. Barbecho – Tabaco (variante testigo)

La siembra de la canavalia se realizó en la segunda decena de septiembre. Las labores de siembra y cultivo se realizaron de forma manual⁵. El corte e incorporación al suelo se realizó a una profundidad de 15–20 cm, de forma mecanizada al inicio de

¹ PEÑA, L.C.: "La agroindustria tabacalera cubana en la década de los noventa y su inserción en la economía internacional", [en línea] En: XXIII Congreso Internacional de LASA, pp. 29, Washington, 2001. Disponible en: http://www.nodo50.org/cubasigloXXI/economia/castellanos1_300603.pdf.

² BARRIOS, E.; MAHUKU, G.; NAVIA, J.; CORTÉS, L.; ASAKAWA, N.; JARA, C.; QUINTERO, J.: "Green manure impact on nematodes, arbuscular mycorrhizal and pathogenic fungi in Tropical Soils planted to common beans", En: 18th World Congress of Soil Science, pp. 167–190, Philadelphia, USA, 2006.

³ FILHO, P.F.M.: Potencial de rehabilitação do solo de uma área degradada, através da revegetação e do manejo microbiano., 89pp., Tesis (en opción al grado científico de Doctor en ciencias), Escuela Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, São Paulo, 2004.

⁴ RODRÍGUEZ, P.: Compendio sobre microbiología agrícola, Dpto. Agropecuario de la Universidad de Oriente, 276pp., Cuba, 2010.

⁵ MARTÍN, G.M.: Manejo de la inoculación micorrízica arbuscular, Canavalia ensiformis y la fertilización nitrogenada en plantas de maíz (*Zea mays*) cultivadas sobre suelos Ferralíticos Rojos de La Habana, 101pp., Tesis (en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas), Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, La Habana, 2009.

la floración entre los 60–70 días después de la siembra de las plantas, mediante el uso de una grada de discos de 682 kg. Para la inoculación de la canavalia se utilizó la especie de HMA *Glomus cúbense*, (INCAM 4) (Rodríguez *et al.*, 2011). El biofertilizante micorrizógeno presentó una concentración mínima de 20 esporas por gramo de inoculante y 50% de colonización radical, no tóxica y libre de patógenos. La inoculación del biofertilizante se realizó en el momento de la siembra, por el método de recubrimiento antes de la siembra, utilizando una dosis de 5.95 kg.ha⁻¹ de EcoMic®, equivalente al 10% del peso de las semillas. Primeramente se hizo una pasta homogénea, en una proporción de 1 kg de EcoMic® por cada 10 kg de semilla con las cepas de HMA, luego se recubrió la semilla hasta quedar cubierta completamente, se pusieron a secar en la sombra durante 5 a 10 minutos y posteriormente se procedió a la siembra.

El tabaco (cultivar “Criollo 98”) se trasplantó en la tercera decena de diciembre. La cosecha se inició a los 55 días y se extendió hasta los 90 días después del trasplante, momento en que los restos de cosecha se incorporaron al suelo, dejando este en reposo hasta el inicio del período lluvioso, en el que nuevamente se sembró la canavalia en el mes de septiembre y poder evaluar el efecto de la biomasa incorporada en los indicadores de suelo.

Muestreo y análisis

Las muestras de suelo se colectaron antes de sembrar la canavalia al inicio de la campaña e inmediatamente después de finalizado el cultivo del tabaco sin incorporar los restos de cosecha. Se utilizaron muestras compuestas tomadas entre 0 y 20 cm de profundidad, tomadas en forma de zigzag a lo largo y ancho del área experimental.

Los contenidos de materia orgánica (MO) se evaluaron al inicio del primer ciclo y final de la segunda campaña, se determinaron por Walkley y Black (1934), y se expresaron en porcentaje (%).

Asimismo la respiración basal se midió mediante un sistema

de frasco cerrado (Isemeyer, 1952); con humedecimiento de 25 g de suelo al 60% de la capacidad máxima de retención de humedad⁶, tras 24 horas de incubación a 30 °C (Dommergue, 1960). Los resultados se expresaron en mg CO₂ 100 g⁻¹ de suelo.

El análisis de la distribución de los agregados del suelo se efectuó por el método de los tamices a muestras sin humedecimiento previo⁷. El procedimiento contempla la agitación de 50 g de suelo proporcionales a las fracciones obtenidas en el tamizado del suelo seco, en probetas de 1000 ml con agua desionizada a 2/3 de su capacidad. Posteriormente se dejó descansar por 10 min y se cribó mediante 10 inmersiones de la columna de tamices (>5 mm a <0,25 mm) con movimientos verticales de 5 cm - 6 cm. Las fracciones obtenidas se secaron a 110 °C y se pesaron en balanza analítica. El porcentaje de agregados hidroestables se determinó mediante la suma de los agregados mayores de 0,25 mm.

Procesamiento estadístico de la información

En los resultados las comparaciones múltiples se sometieron a un ANOVA de clasificación doble, con una significación de 0,05 mediante la prueba de Tukey. Todos los datos fueron procesados con el paquete estadístico Statistical Package for Social Sciences (SPSS) para Microsoft Windows versión 11.5 del 2004.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Tabla 2 muestra que los contenidos de MO fueron mayores cuando se utilizó la canavalia como cultivo alterno, con diferencias estadísticas altamente significativas en relación al tratamiento testigo, conformado por el barbecho que representa la variante de manejo tradicional, resultados que coinciden con los obtenidos por Martínez *et al.* (2007), quienes comprobaron que los cultivos inter cosechas aumentan la actividad microbiológica y los contenidos de materia orgánica considerablemente en el suelo.

TABLA 2. Contenidos de materia orgánica en el suelo al inicio y final de la etapa evaluada

| Variantes | MO (%) | |
|--------------------------|-------------------|------------------|
| | Inicio de campaña | Final de campaña |
| Canavalia + HMA - Tabaco | 1,36 | 1,84a |
| Canavalia – Tabaco | 1,37 | 1,83a |
| Barbecho – Tabaco | 1,34 | 1,43b |
| CV (%) | 4,75 | 12,11 |
| ES (x) | 0,042 | 0,016 |

*Medias con letras distintas en la misma columna difieren entre sí, según prueba Tukey (p<0,05).

Estos resultados son consistentes con los de respiración basal (Tabla 3), donde en el tratamiento de canavalia inoculada con HMA alcanzó los mayores valores de respiración microbiana, con diferencias altamente significativas con los demás tratamientos. Estos resultados coinciden con los descritos por González *et al.* (2009), quienes lo atribuyen al contenido y naturaleza de los aportes orgánicos recibidos, ya sea del cultivo de la canavalia o del barbecho, en este último caso la composición botánica dominante del

⁶ FORSTER, J.C.: Soil physical analysis. Determination of the gravimetric water content and soil dry mass. En: Methods in applied soil microbiology and biochemistry, 207pp., London, 1995.

⁷ ORELLANA, G.R.; MORENO, J.M.; CRUZ, A.; ONELIA, M.; DÍAZ, M.; MARTORELL, A.: “Procedimientos e Indicadores Físicos para la Evaluación de Suelos y Sustratos Orgánicos”, En: Encuentro Internacional de Agricultura Urbana, AGRONAT’2004, Publicado en la Red URBES, 2004.

barbecho, implica que la cantidad y la calidad de los materiales orgánicos incorporados no favorecen el mantenimiento de la fertilidad del suelo, por otra parte la mayor biomasa de la canavalia y su riqueza en Ca estimulan la microflora heterotrófica, efecto esperado por ser esta planta incorporada al suelo como abono verde.

TABLA 3. Respiración basal del suelo determinada antes y después de la aplicación de las variantes en estudio

| Variantes | mg CO ₂ 100 g ⁻¹ de suelo | |
|--------------------------|---|---------|
| | Inicio | Final |
| Canavalia + HMA – Tabaco | 70,43 a | 86,16 a |
| Canavalia – Tabaco | 61,63 b | 71,53 b |
| Barbecho – Tabaco | 36,03 c | 46,03 c |
| CV (%) | 27,72 | 26,28 |
| ES (x) | 0,912 | 2,017 |
| Sig | *** | *** |

*Medias con letras distintas en la misma columna difieren entre sí, según prueba Tukey (p<0.05).

En los trópicos, la humedad juega un papel relativamente más importante en la velocidad de descomposición de los compuestos orgánicos que la temperatura (Powers *et al.*, 2009); por lo que con la utilización de sistemas que consideran la alternancia de cultivos como abonos verdes, no sólo se incorporan fuentes de materia orgánica (Kuzyakov, 2006); sino que se contribuye a la conservación de la humedad y se reduce la temperatura del suelo durante el tiempo de ocupación (Bot y Benites, 2005). Por ello, se obtiene un incremento de las poblaciones de microorganismos de manera diferenciada en función de las comunidades de plantas existentes (García *et al.*, 2005; Martínez *et al.*, 2007; González *et al.*, 2009).

Los HMA son simbioses obligatorios, su distribución en suelos cultivados está fuertemente influenciada por la vegetación (Espindola *et al.*, 1998). En barbecho, la micorrización natural de las plantas está pobremente desarrollada (Cheng *et al.*, 2003); lo que justifica los resultados alcanzados en relación a la variante Barbecho–Tabaco. Por su parte, los hongos micorrizógenos arbusculares son promotores de la formación y estabilidad de los agregados del suelo (Bronick y Lal, 2005; Caravaca *et al.*, 2006; Siddiky *et al.*, 2012).

La Figura 1, muestra la distribución de clases de agregados resistentes al agua correspondientes al comienzo del segundo ciclo tras la incorporación de los restos de cosecha del tabaco del primer ciclo y dejado el suelo en reposo por más de 60 días, expuesto a las condiciones climáticas de la época de verano (acumulado de 1263,2 mm de lluvia total e intensidad máxima de 65,5 mm en 24 h). La Figura 2 refleja las condiciones del suelo seis meses después al finalizar este segundo ciclo y antes de incorporar los restos de cosecha del tabaco y dejando el suelo en reposo para dar inicio a una nueva campaña tabacalera.

En el comportamiento general de los diferentes tratamientos, se aprecia una baja estabilidad estructural con un predominio de agregados menores de 0,25 mm y un contenido que alcanzó valores superiores al 60%, típico de los suelos presentes en el área dedicados al cultivo intensivo del tabaco (Bouza *et al.*, 1981).

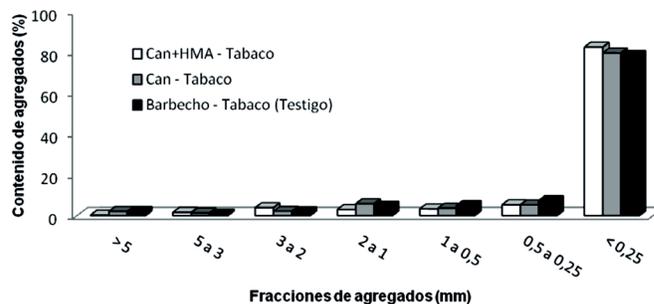


FIGURA 1. Distribución de los agregados del suelo resistentes al agua al inicio del segundo ciclo y posterior al reposo del suelo.

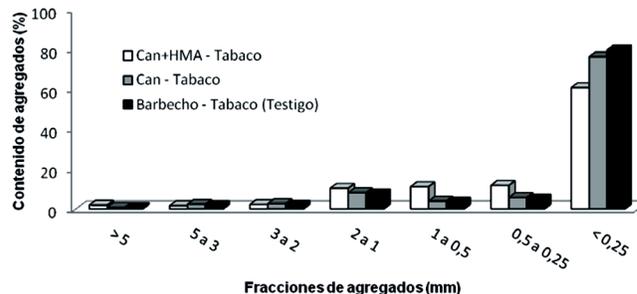


FIGURA 2. Distribución de los agregados del suelo resistentes al agua al finalizar el segundo ciclo y antes del reposo del suelo.

Los resultados en la Figura 1 indican que en las condiciones de manejo en el área tabacalera, los efectos positivos de la alternancia con cultivos mejoradores como la canavalia, pueden no ser efectivos a corto plazo si el suelo se deja expuesto por más de 60 días como es la práctica usual (Valenti *et al.*, 1988).

En la Figura 2 referente al momento anterior del reposo del suelo que inicia el próximo ciclo, se observa una ligera disminución de los agregados menores de 0,25 mm con un aumento de los tamaños de las fracciones hasta 2 mm para las variantes con cultivo alterno de canavalia. Los mejores resultados se obtienen en la variante canavalia inoculada con HMA, lo que muestra que la acción de los HMA favorece la formación de agregados de valor agronómico, pues se logra incrementar el porcentaje de agregados hidroestables (Tabla 4), (Montaño *et al.*, 2001; Wilson *et al.*, 2009; Morell *et al.*, 2009; Peng *et al.*, 2011; Daynes *et al.*, 2013).

TABLA 4. Porcentaje de agregados hidroestables del suelo

| Variantes | >0,25 mm | |
|--------------------------|----------|-------|
| | Inicio | Final |
| Canavalia + HMA – Tabaco | 17,54 | 41,15 |
| Canavalia – Tabaco | 20,41 | 23,76 |
| Barbecho – Tabaco | 21,72 | 20,35 |

Sin embargo la efectividad de estas medidas es dependiente del manejo de dichos residuos y del cultivo en general, por lo que pueden no rendir los resultados esperados (Morell *et al.*, 2009). Ello indica la necesidad de sistemas de manejo que favorezcan la formación de agregados estables como estrategia para revertir el desarrollo acelerado de los procesos erosivos a los cuales son susceptibles (Bouza *et al.*, 1981; Bronick y Lal, 2005).

CONCLUSIONES

- La utilización de la *Canavalia ensiformis*, L., en sus dos formas de aplicación favorece positivamente el contenido de materia orgánica del suelo.
- La variante *Canavalia ensiformis*, L., inoculada con Hongos Micorrizícos Arbusculares (HMA), alcanzó los mejores resultados en los indicadores de respiración biológica,

- contenido total de materia orgánica y la distribución de los agregados del suelo resistentes al agua.
- Cuando se prolonga por más de dos meses el tiempo de exposición del suelo a los factores climáticos en el proceso de preparación, se pueden anular los efectos positivos de los cultivos alternos en el mejoramiento de los indicadores evaluados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALEF, K.; NANNIPIERI, P.: *Methods in applied soil microbiology and biochemistry*, 576pp., Ed. Academic Press, ISBN: 0-12-513840-7, London, 1995.
- BOT, A.; BENÍTES, J.: *The importance of soil organic matter. Key to drought-resistant soil and sustained food and production [en línea]* ser. FAO Soils Bulletin, 80, Ed. Food and Agriculture Organization of the United Nations, vol. 1, 78pp., ISBN: 92-5-105366-9, Disponible en: <http://www.fao.org>. Rome, 2005.
- BOUZA, H.; HERRERA, L.M.; TORRES, C.; IZNAGA, E.; VLADIMIROV, V.E.: "Utilización de la labranza mínima en los suelos tabacaleros de la provincia de Pinar del Río", *Ciencias de la Agricultura*, ISSN: 0093-4666, 10: 83-102, 1981.
- BRONICK, C.J.; LAL, R.: "Soil structure and management: a review", *Geoderma*, ISSN: 0016-7061, 124 (1): 3–22, 2005.
- CARAVACA, F.; ALGUACIL, M.M.; AZCÓN, R.; ROLDÁN, A.: "Formation of stable aggregates in rhizosphere soil of *Juniperus oxycedrus*: Effect of AM fungi and organic amendments" [en línea] *Applied Soil Ecology*, ISSN: 09291393, DOI-10.1016/j.apsoil.2005.09.001, 33 (1): 30-38, 2006.
- CARUSO, T.; RILLIG, M.C.: "Direct, positive feedbacks produce instability in models of interrelationships among soil structure, plants and arbuscular mycorrhizal fungi" [en línea] *Soil Biology and Biochemistry*, ISSN: 00380717, DOI-10.1016/j.soilbio.2011.02.009, 43 (6): 1198-1206, 2011.
- CHENG, Z.; ANDERSON, S.H.; GANTZER, C.J.; VAN SAMBEEK, J.W.; OTHERS: *Soil structure characterized using computed tomographic images [en línea]* Ed. United States Department of Agriculture Forest Service General Technical Report NC, pp. 368–374, USA, 2003. Disponible en: <http://www.nrs.fs.fed.us/pubs/ch/ch13/chvolume13page368.pdf> [Consulta: 20 de julio de 2013].
- DAYNES, C.N.; FIELD, D.J.; SALEEBA, J.A.; COLE, M.A.; MCGEE, P.A.: "Development and stabilisation of soil structure via interactions between organic matter, arbuscular mycorrhizal fungi and plant roots" [en línea] *Soil Biology and Biochemistry*, ISSN-0038-0717, DOI-<http://dx.doi.org/10.1016/j.soilbio.2012.09.020>, 57 (0): 683 - 694, 2013.
- DOMMERGUEZ, Y.: "La notion de coefficient de mineralization du carbone dans les sols. Un exemple d'utilisation des techniques biologiques", *Agronomía Tropical*, ISSN: 0002-192X, 1 (1): 54-60, 1960.
- ESPÍNDOLA, J.A.A.; DE ALMEIDA, D.L.; GUERRA, J.G.M.; DA SILVA, E.M.R.; DE SOUZA, F.A.: "Influencia da adubação verde na colonização micorrizica e na produção da batata-doce", *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, ISSN: 0100-204X, 33 (3): 339-347, 1998.
- GARBISU, C.; BECERRIL, J.M.; EPELDE, L.; ALKORTA, I.: "Bioindicadores de la calidad del suelo: herramienta metodológica para la evaluación de la eficacia de un proceso fitorremediador", *Ecosistemas*, ISSN: 1697-2473, 16 (002): 1697-2473, 2007.
- GARCIA, C.; ROLDAN, A.; HERNANDEZ, T.: "Ability of different plant species to promote microbiological processes in semiarid soil" [en línea] *Geoderma*, ISSN: 0016-7061, DOI-10.1016/j.geoderma.2004.04.013, 124: 193–202, 2005.
- GONZÁLEZ, Y.L.; MARTÍNEZ, J.M.H.; MILIÁNS, J.G.G.; RUBIDO, M.G.: "Influencia de la alternancia de cultivos en la actividad micro-biológica de un suelo tabacalero de Pinar del Río", *Cubatabaco*, ISSN-0138-7456, 10 (1): 37-41, 2009.
- HERNÁNDEZ, A.J.; PÉREZ, J.M.; BOSH, D.; RIVERO, L.: *Nueva versión de clasificación genética de los suelos de cuba*, 64pp., Ed. AGRINFOR, ISBN-95924602219789592460225, La Habana, 1999.
- ISERMAYER, H.: "Eine einfache Methode zur Bestimmung der Bodenatmung und der Karbonate im Boden" [en línea] *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, ISSN: 1436-8730, DOI-10.1002/jpln.19520560107, 56 (1-3): 26–38, 1952.
- KULMATISKI, A.; BEARD, K.H.: "Long-term plant growth legacies overwhelm short-term plant growth effects on soil microbial community structure" [en línea] *Soil Biology and Biochemistry*, ISSN: 00380717, DOI-10.1016/j.soilbio.2010.12.018, 43 (4): 823-830, 2011.
- KUZYAKOV, Y.: "Root and rhizomicrobial respiration: a review of approaches to estimate respiration by autotrophic and heterotrophic organisms in soil", *Soil Biology and Biochemistry*, ISSN: 0038-0717, 38 (3): 425-448, 2006.
- MARTÍNEZ, R.; LÓPEZ, M.; DIBUT, B.; ZAMBRANO, C.P.; SÁNCHEZ, J.R.: *La fijación biológica del nitrógeno atmosférico en condiciones tropicales*, 172pp., Ed. MPPAT, Caracas, 2007.
- MONTAÑO, N.M.; QUIROZ, V.; CRUZ, G.: Colonización micorrizica arbuscular y fertilización mineral de genotipos de maíz y trigo culti-

- vados en un andisol, *Revista Terra*, ISSN: 0212-5684, 19 (4): 337-344, 2001.
- MORELL, F.; HERNÁNDEZ, A.; BORGES, Y.; MARENTES, F.L.: "La actividad de los hongos micorrízicos arbusculares en la estructura del suelo", *Cultivos Tropicales*, ISSN: 0258-5936, 30 (4), 2009.
- PASCUAL, J.A.; GARCIA, C.; HERNÁNDEZ, T.; MORENO, J.L.; ROS, M.: "Soil microbial activity as a biomarker of degradation and remediation processes", *Soil Biology and Biochemistry*, ISSN: 0038-0717, 32: 1877-1883, 2000.
- PENG, S., SHEN, H., YUAN, J., WEI, C., GUO, T.: "Impacts of arbuscular mycorrhizal fungi on soil aggregation dynamics of neutral purple soil", *Shengtai Xuebao/ Acta Ecologica Sinica*, ISSN: 10000933, 31 (2): 498-505, 2011.
- POWERS, J.; BARITZ, R.; ADAIR, E.: "Decomposition in tropical forests: a pan-tropical study of the effects of litter type, litter placement and mesofaunal exclusion across a precipitation gradient", *Journal of Ecology*, ISSN: 0022-0477, 97: 801-811, 2009.
- RODRÍGUEZ, Y.; DALPÉ, Y.; SÉGUIN, S.; FERNÁNDEZ, F.; FERNÁNDEZ, F.; RIVERA, R.: "*Glomus cubense* sp. nov., an arbuscular mycorrhizal fungus from Cuba". *Mycotaxon*, ISSN: 0093-4666, 118: 337-347, 2011.
- SALAMANCA, W.F.; BONILLA, C.R.; SÁNCHEZ, M.S.: "Evaluación de seis abonos verdes en un vertisol ústico en condiciones del Valle del Cauca", *Acta Agronómica*, ISSN: 0120-2812, 3 (4): 53, 2004.
- SAMPAIO, M.; DE-POLLI, H.; DE AQUINO, A.M.; FERNANDES, M.E.; COSTA, J.: "Bioindicators of soil quality in coffee organic cultivation systems", *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, ISSN: 0100-204X, 46 (5), 2011.
- SIDDIKY, M.R.K.; KOHLER, J.; COSME, M.; RILLIG, M.C.: "Soil biota effects on soil structure: Interactions between arbuscular mycorrhizal fungal mycelium and collembola", [*en línea*] *Soil Biology and Biochemistry*, ISSN: 00380717, DOI-10.1016/j.soilbio.2012.03.001, 50: 33-39, 2012.
- SINGH, P.K.: "Role of glomalin related soil protein produced by arbuscular mycorrhizal fungi: a review", pp. 119-125, 2012. Disponible en: <http://resjournals.com/ARJ/Pdf/2012/Mar/Singh.pdf> [Consulta: 17 de mayo de 2006].
- VALENTI, F.P.; PEÑA, J.L.; MORALES, T.C.: "Efecto de diferentes cultivos antecesores en la producción tabacalera y en la economía empresarial.", *Ciencias de la Agricultura*, ISSN: 0093-4666, 33: 154-156, 1988.
- VASCONCELLOS, R.L.F.; BONFIM, J.A.; BARETTA, D.; CARDOSO, E.J.B.N.: "Arbuscular Mycorrhizal Fungi and Glomalin-Related Soil Protein as Potential Indicators of Soil Quality in a Recuperation Gradient of the Atlantic Forest in Brazil" [*en línea*] *Land Degradation & Development*, ISSN: 1099-145X, DOI-10.1002/ldr.2228, 2013.
- WALKLEY, A.; BLACK, I.A.: "A examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and proposed modification of the chromic acid titration method", *Soil Science*, ISSN: 0038-075X, 37: 29-38, 1934.
- WILSON, G.W.T.; RICE, C.W.; RILLIG, M.C.; SPRINGER, A.; HARTNETT, D.C.: "Soil aggregation and carbon sequestration are tightly correlated with the abundance of arbuscular mycorrhizal fungi: results from long-term field experiments" [*en línea*] *Ecology Letters*, ISSN: 1461-023X, DOI-doi:10.1111/j.1461-0248.2009.01303.x, 12 (5): 452-461, 2009.

Recibido: 13 de diciembre de 2013.

Aprobado: 22 de septiembre de 2014.

Publicado: 28 de diciembre de 2014.

Milagros García Rubido, Especialista, UCTB. Estación Experimental del Tabaco (E.E.T.), Finca Vivero, San Juan y Martínez, Pinar del Río, Cuba. Correo electrónico: milagros@eetsj.co.cu