

# Actividad y biomasa microbianas como indicadores de materia orgánica en sistemas de cultivo de maracuyá (*Passiflora edulis*) en Toro, Valle del Cauca, Colombia

## Activity and microbial biomass as indicators of organic matter in passion fruit crops (*Passiflora edulis*) in Toro, Valle del Cauca, Colombia

Marina Sánchez de Prager,<sup>1</sup> Adriana Rojas,<sup>2</sup> Jesús Pérez,<sup>3</sup> Orlando Zúñiga,<sup>4</sup> José María Gascó<sup>5</sup>

RECIBIDO: JULIO 25/06. ACEPTADO: NOVIEMBRE 21/06

<sup>1</sup> Ing. Agr. Doctor. Ciencias del suelo. Prof. titular Universidad Nacional de Colombia- Palmira. [pragersa@andinet.com](mailto:pragersa@andinet.com)

<sup>2</sup> Ing. Agríc, Candidata Mg. Suelos, Universidad Nacional de Colombia-Sede Palmira. [adriwood10@yahoo.es](mailto:adriwood10@yahoo.es)

<sup>3</sup> Escuela Técnica Sup. de Ing. Agrónomos, Dpto. de Edafología, Universidad Politécnica de Madrid, España [jesús.perezs@upm.es](mailto:jesús.perezs@upm.es)

<sup>4</sup> Ing. Geof. Ph.D. Prof. titular Universidad del Valle. [agrophysik@telesat.com.co](mailto:agrophysik@telesat.com.co)

<sup>5</sup> Escuela Técnica Sup. de Ing. Agrónomos, Dpto. de Edafología, Universidad Politécnica de Madrid, España [gasco@eda.etsia.upm.es](mailto:gasco@eda.etsia.upm.es)

### RESUMEN

El estudio evaluó la relación entre materia orgánica del suelo, actividad y biomasa microbianas. Se usaron tres sistemas de cultivo de maracuyá (agroecológico, transición y convencional) en el municipio de Toro (Valle del Cauca). En muestras tomadas al azar en dos profundidades (0-15 y 15-30 cm). En nueve puntos por sistema de manejo se midieron propiedades biológicas [actividad microbiana (C-CO<sub>2</sub>); biomasa microbiana (Cmicro) –fumigación, extracción- y propiedades físicas y químicas (materia orgánica, pH, humedad, textura, densidad aparente y porosidad –métodos tradicionales–)]. Se encontraron diferencias altamente significativas en materia orgánica, actividad y biomasa microbianas en ambas profundidades, las más notorias entre manejo agroecológico y convencional. Los cocientes que reflejan gasto energético de C –q(CO<sub>2</sub>)– y reserva a partir de C microbiano –q(C)– señalaron que la pérdida de C decreció en el orden Convencional > Transición > Agroecológico, y la acumulación en el sentido contrario.

**Palabras claves:** *Passiflora edulis* Sims var *flavicarpa*; sistemas de cultivo; materia orgánica; biomasa; microbiología.

### SUMMARY

The relationship among organic matter of the soil, microbial activity and biomass in 3 systems of Passion Fruit crop (agriculture-ecological, transition and conventional) in the municipality of Toro (Valle del Cauca) was evaluated. In soil samples taken at random at two depths (0-15 and 15-30 cm), in nine points for handling system, biological properties were measured [microbial activity (C-CO<sub>2</sub>); microbial biomass (Cmicro) –fumigation, extraction– and physical and chemical properties (organic matter, pH, humidity, texture, apparent density, porosity - traditional methods-)]. Significant differences in organic matter, microbial activity and biomass at both depths specially in the ecological and handling cropping system were observed. The quotients that had energy expense of C -q(CO<sub>2</sub>)- and reserves starting from microbial C - q(C) showed that loss of C were in the following order: Conventional> Transition> Ecological and the accumulation in the contrary way.

**Key words:** *Passiflora edulis* Sims var *flavicarpa*; cropping systems; organic matter; microbiology; biomass.

### INTRODUCCIÓN

En la rizósfera ocurren procesos catabólicos y anabólicos en torno a materiales orgánicos e inorgánicos. El primer proceso proporciona moléculas simples, ATP, energía calórica y CO<sub>2</sub>, gas que se utiliza como indicador de la actividad microbiana del suelo (AMS). El segundo acompleja e inmoviliza las moléculas

las simples en estructuras de los microorganismos, generando la biomasa microbiana del suelo (BMS) (Siqueira y Franco, 1988; Burbano, 1989; Cerri *et al.*, 1992; Siqueira *et al.*, 1994, Labrador, 1996; Sparling, 1997; Sánchez de P. *et al.*, 2000; Gómez, 2000).

Entonces las relaciones que se establezcan entre AMS y BMS y entre éstos y la materia orgánica del suelo,

pueden proporcionar información valiosa para la comprensión de la dinámica del agroecosistema maracuyá, cuando varía el sistema de manejo de convencional – C –, a transición – T – y, agroecológico – A-.

### MATERIALES Y MÉTODOS

En el municipio de Toro (4° 36'42" N y 76° 04' 53" O, t=23°C, p=1519mm, 958 m.s.n.m.) se seleccionaron tres sistemas de cultivo de maracuyá (Agroecológico A, Transición T y Convencional C) desarrollados en las fincas El Recuerdo, Tocaima y Vallano. En septiembre de 2001 se tomaron al azar muestras de suelo a dos profundidades (0-15 y 15-30 cm) en nueve puntos de cada lote.

Las propiedades físico-químicas evaluadas fueron: pH (potenciómetro), materia orgánica y carbono orgánico (MO=1.72\*C-Org) (Wakley y Black), porosidad (mesa de tensión), densidad aparente y humedad volumétrica (cilindro de acero 5.0 cm φ x 5.0 cm de altura), humedad gravimétrica (estufa) y textura (Bouyoucos), métodos descritos por Montenegro y Malagón (1990).

Para estimar la actividad microbiana del suelo (AMS) a través de la respiración (C-CO<sub>2</sub>) se utilizó la metodología del Centro de Agrobiología del Brasil. La muestra se incubaba durante cinco días en un sistema cerrado, se adiciona NaOH 1N y se precipita con BaCl<sub>2</sub> y se adicionan dos gotas de fenoltaleína al 1%. El color morado indica pH básico por la formación de BaCO<sub>3</sub> y NaCl. Se titula con HCl 0.5 N para cuantificar el volumen de hidróxido que no reaccionó con el CO<sub>2</sub>. Se incluye siempre una muestra testigo (Cadena, 1998; Swisher, 1999).

La actividad microbiana del suelo (AMS) se calculó mediante la fórmula:

$$AMS = \left[ \frac{(B - T) * NHCl * FD}{P} \right] * 10^6 = \frac{\mu g C - CO_2}{gss}$$

En la cual:

- B = Titulación en blanco (sin suelo)
- T = Titulación muestra del suelo (HCl)
- NHCl = Normalidad del ácido (0.5 N)
- P = Peso seco de la muestra (g)
- FD = Factor de dilución (0.006)

### Estimación de biomasa microbiana en el suelo - BMS

La biomasa microbiana se estimó a través del método de fumigación –extracción (Wild, 1992; Visser

and Parkinson, 1992), adoptado por la doctora Neuza Azakawa.<sup>1</sup> Las muestras se fumigan con cloroformo libre de etanol y al mismo tiempo se dejan testigos sin fumigar; al cabo de tres días se extrae el carbono microbiano. La biomasa microbiana del suelo (BMS) se calculó con la fórmula:

$$BMSM = \frac{(\mu g CF - \mu g CNF)}{K} = \left[ \frac{\mu g C}{gSuelo Seco} \right]$$

BMS = Biomasa microbiana (mgC/gss )

μgCF = Microgramos de carbono en muestra fumigada

μgCNF = Microgramos de carbono en muestra no fumigada

K = Constante de corrección (0.35)

Se analizó la información mediante estadística comparativa (Análisis de varianza y prueba Duncan).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Propiedades físico-químicas

El análisis de varianza no mostró diferencias significativas en pH, textura y densidad aparente de los suelos entre los tres manejos del cultivo de maracuyá, en las dos profundidades (Tabla 1).

Se encontraron diferencias altamente significativas en la humedad gravimétrica en los primeros 15 cm, no así en la humedad volumétrica. En contenido de materia orgánica se detectaron diferencias altamente significativas entre manejos en los primeros 15 cm de profundidad.

En ambas profundidades también se presentaron diferencias altamente significativas en contenido de materia orgánica, espacio poroso total –EPT– y macroporosidad –Mp– mas no en microporosidad –mp–. En los primeros 15 cm el espacio poroso total – EPT– fue significativamente menor en C y más alto en A. A mayor profundidad sólo difirió A de T y C. En cuanto a la macroporosidad – Mp – también arrojó diferencias significativas entre A, T con C en los primeros centímetros y, entre A y C, a más profundidad, y fue más baja en este último manejo.

La Mp presentó valores restrictivos para el desarrollo de las raíces del maracuyá en el lote con manejo C, lo cual explica la práctica que se observa en la finca –siembra en caballones– con el fin de mejorar el drenaje del suelo.

<sup>1</sup> Neuza Asakawa. Comunicación personal- CIAT 2001.

La mayor parte del EPT correspondió a microporos, por el predominio de texturas arcillosas; también se puede relacionar con la ausencia de diferencias significativas en la humedad volumétrica.

Los contenidos de materia orgánica fueron significativamente mayores en el manejo A que en T y C. Dentro del mismo manejo no hubo variaciones ocasionadas por la profundidad del muestreo.

### Actividad microbiana (C-CO<sub>2</sub>)

En esta variable en los primeros 15 cm se presentaron diferencias altamente significativas entre los tres manejos del cultivo y significativas a mayor profundidad (Figura 1). La mayor actividad microbiana ocurrió en A que varió significativamente de T y muy significativamente de C. Dentro del mismo manejo no se estimaron variaciones significativas debidas a la profundidad de muestreo.

Tabla 1. Resumen de las propiedades físico-químicas de los suelos en tres sistemas de cultivo de maracuyá.

Propiedad	Manejos							
	Agroecológico (A)		Transición (T)		Convencional (C)		Variación	
	0-15cm	15-30cm	0-15cm	15-30cm	0-15cm	15-30cm	0-15cm	15-30cm
pH	7.3	7.1	6.8	7	6.9	7	NS	NS
θg(%)	27.88	25.23	24.08	22.37	20.24	20.24	AS	NS
θv(%)	37.49	35.35	34.88	33.04	32.4	33.25	NS	NS
TEXT	Ar	Ar	Ar	Ar	Ar	ArL	NS	NS
Da (g/cm <sup>3</sup> )	1.34	1.39	1.44	1.47	1.6	1.65	NS	NS
EPT(%)	50	46.11	43.88	38.55	37.11	38.11	AS	AS
Mp(%)	18.88	18.11	18.44	14.66	10.66	12.22	AS	S
mp(%)	31.11	28	25.44	23.88	26.44	25.88	NS	NS
M.O (%)	3.8	3.2	3.0	2.4	2.3	2.5	AS	NS

NS = No significativa, S = Significativa, AS = Altamente significativa

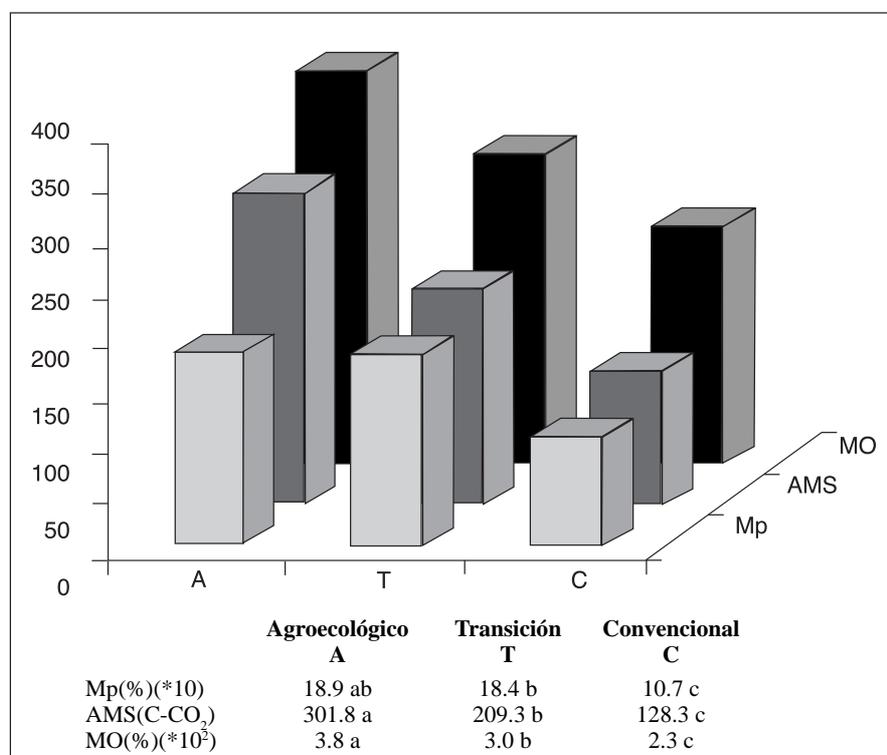


Figura 1. Actividad microbiana (C-CO<sub>2</sub>), materia orgánica (%) y macroporosidad (Mp) en tres sistemas de cultivo de maracuyá a 15 cm de profundidad.

Los resultados pueden relacionarse con los contenidos de materia orgánica en el suelo y la presencia de oxígeno, asegurado por la Mp, los mayores valores para estas tres propiedades se concentraron en **A** y fueron más bajos en **C**, donde ocurrió la menor actividad microbiana en el suelo – AMS – (Figura 2). Diversos autores han corroborado la estrecha relación entre materia orgánica, humedad del suelo y presencia de O<sub>2</sub> con la actividad biológica que en él tiene lugar (Paul y Clark, 1989; Burbano, 1989; Wild, 1992; Alexander, 1994; Siquiera *et al.*, 1994; Coyne, 1999; Madigan *et al.*, 1999).

**Biomasa microbiana**

El análisis de varianza arrojó diferencias altamente significativas en la biomasa microbiana entre manejos del cultivo en los primeros 15 cm y significativas a más profundidad (Figura 2). La biomasa de carbono más alta se encontró en el manejo **A** que varió significativamente de **T** y **C** en los primeros centímetros; a más profundidad solo se encontraron diferencias significativas entre **A** y **C**. Tampoco se presentaron diferencias significativas en un mismo manejo al variar la profundidad. Así como la AMS, la biomasa microbiana de carbono está estrechamente ligada con los factores mencionados anteriormente.

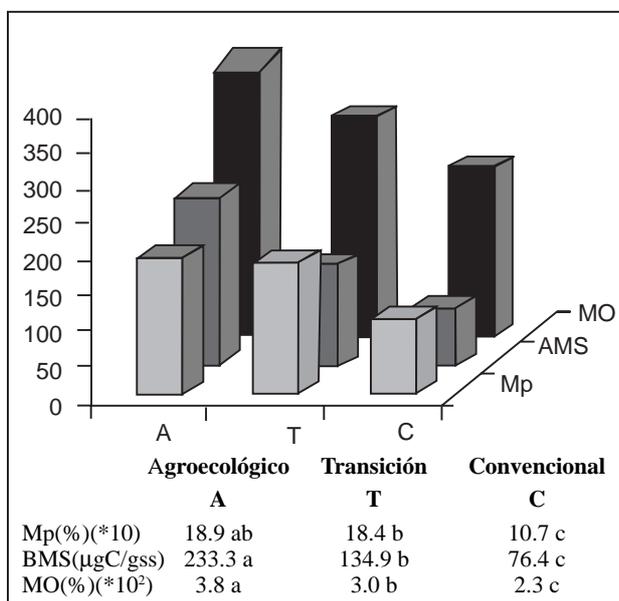


Figura 2. Biomasa microbiana (Cmic), materia orgánica (%) y macroporosidad (Mp) en tres sistemas de cultivo de maracuyá a 15 cm de profundidad.

**Gasto de carbono microbiano –qCO<sub>2</sub>–**

El cociente q(CO<sub>2</sub>), resultante de relacionar AMS/BMS, brinda información acerca de la distribución del

C en términos de gasto en respiración (C-CO<sub>2</sub>) –mineralización– versus inversión en reserva por parte de los microorganismos, expresado en carbono acumulado en biomasa microbiana o carbono inmovilizado –q(C)–. El q(CO<sub>2</sub>) fue mayor en el manejo **C** y **T** y menor en **A** en ambas profundidades (Figura 3). Esto quiere decir que hubo tendencia a mayor gasto de C en respiración. La situación se agrava porque la materia orgánica en el suelo, con manejo **C** y en transición **T**, fue menor, lo cual hace aconsejable en ambas fincas, incrementar las reservas de carbono. En 1986, Anderson y Domsch sostuvieron que q(CO<sub>2</sub>) se incrementa en ecosistemas bajo estrés o rehabilitación (Visser y Parkinson, 1992).

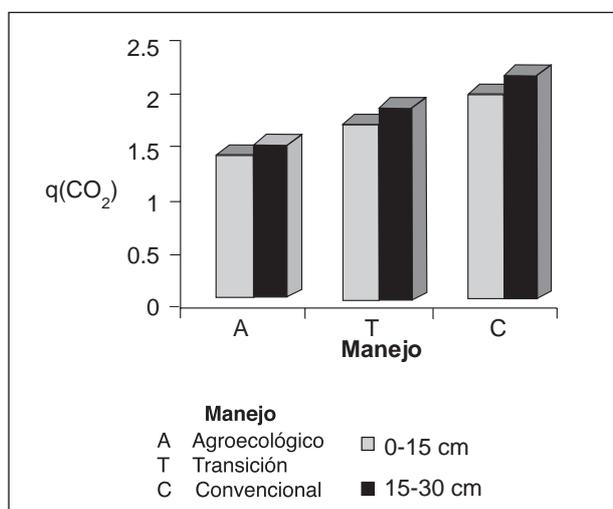


Figura 3. Tendencia del cociente q(CO<sub>2</sub>) en suelos sembrados con maracuyá en tres manejos agronómicos

En esta investigación el incremento en las pérdidas de C-CO<sub>2</sub> puede relacionarse con los sistemas de labranza y drenajes profundos que se hacen en la zona, para contrarrestar las condiciones físicas de los suelos, prácticas que intensifican la respiración microbiana, el gasto de carbono, pero también la disponibilidad de nutrientes para la planta. Dados los efectos deseables o indeseables de la respuesta, es necesario siempre contextualizarla (Sparling, 1997).

**Inversión o reserva de C –q(C)–**

El cociente q(C) indica la parte del carbono orgánico del suelo que proviene de la acumulación. La tasa de inmovilización microbiana resultó mayor en **A** y menor en **T** y aún más baja en **C** (Figura 4). Entonces se puede enunciar que hubo desequilibrio entre salidas q(CO<sub>2</sub>) y entradas de carbono vía microbiana –q(C)– en los manejos convencional y en transición, mientras

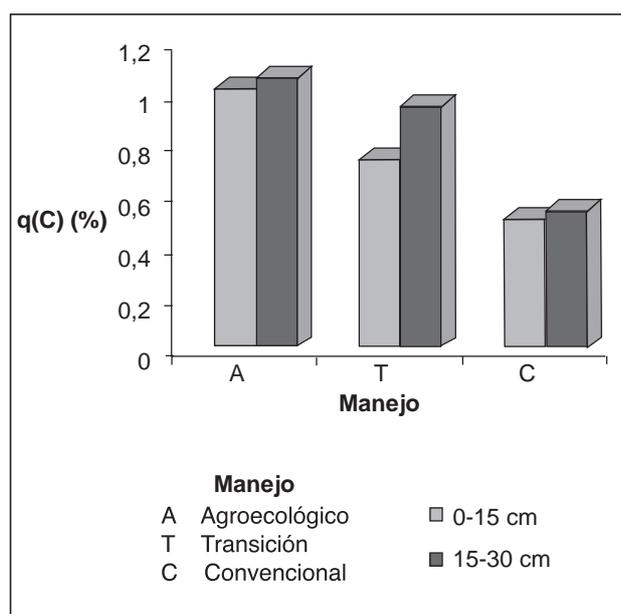


Figura 4. Tendencia del cociente  $q(C)$  en suelos sembrados con maracuyá en tres manejos agronómicos.

que en el agroecológico ocurrió la tasa de mineralización más baja y la más alta de reserva de C microbiano.

En 1986 Anderson y Domsch, citados por Visser y Parkinson 1992, encontraron en suelos de estaciones experimentales, que el carbono microbiano representaba del 2.3 al 4% del C orgánico del suelo. Swift, 1994, registró 2.36% en monocultivos continuos con fertilización con NPK, 4.04% cuando se agregaba abono verde o paja, y valores similares en cultivos en rotación. Sparling (1997) encontró  $q(C)$  de 0.9% en ambientes extremos, como dunas arenosas estabilizadas.

En la relación influyen las condiciones climáticas, principalmente la precipitación y evaporación. La relación  $q(C)$  es valiosa para monitorear el suelo porque integra varias claves del funcionamiento del ecosistema (Visser y Parkinson, 1992).

En los primeros 15 cm de profundidad, la relación  $q(C)$  en A fue la más alta; sin embargo, la tasa de inmovilización – aproximadamente 1%– sería aún baja y en T y en C aún sería menor – 0.7 y 0.5 %, respectivamente, lo que estaría indicando que la contribución del carbono microbiano a las reservas del suelo fueron bajas en A y extremadamente pequeñas en T y C.

## CONCLUSIONES

- En los sistemas de cultivo de maracuyá (agroecológico, transición y convencional), a las

profundidades 0-15 y 15-30 cm no difirieron significativamente pH, densidad aparente, textura, humedad volumétrica y microporosidad entre ellos. La humedad gravimétrica, espacio poroso total y macroporosidad presentaron variaciones altamente significativas y fueron mayores en el sistema agroecológico de 0-15 cm de profundidad.

- El orden de acumulación de C fue: sistema Agroecológico > Transición > Convencional.
- El suelo con manejo agroecológico garantizó un poco más el equilibrio dinámico que permitió la ganancia de C evidenciado en  $q(C)$  y  $q(CO_2)$ , mientras que en el convencional se da lo contrario, con sus consecuencias sobre la materia orgánica, a corto, mediano y largo plazo, y por tanto, sobre la fertilidad del suelo, la calidad del ambiente y la productividad del agroecosistema maracuyá.

## AGRADECIMIENTOS

A los dueños de las fincas, a la Umata de Toro, Valle. A la Universidad Nacional de Colombia, a la doctora Neuza Asakawa, en CIAT, y al Programa Nacional de Transferencia de Tecnología Agropecuaria –Pronatta– principal financiador.

## BIBLIOGRAFÍA

- Alexander, M. 1994. Introducción a la microbiología del suelo. Trad J.J. Peña, México: Libros y Editoriales. 491 p.
- Burbano, H. 1989. El suelo, una visión sobre sus componentes biorgánicos. Pasto: Universidad de Nariño. 447 p.
- Cadena, S.F. 1998. Comparación de dos metodologías para estimar actividad microbiana en un agrosistema de zapallo (*Cucurbita máxima*) en épocas de floración y cosecha. Trabajo especial. Universidad Nacional de Colombia. Palmira. 25 p.
- Cerri, C. C.; Andreaux, F. e Eduardo, B. 1992. O ciclo do carbono no solo. pp 73-90. En: Cardoso, E.J.B.N.; Tsai, S.M. y Neves, M.C. (Coord.). Microbiologia do Solo. Campinas: Sociedade Brasileira de la Ciencia do Solo. 358p.
- Coyne, M.S. 1999. Soil microbiology: An exploratory approach. Albany: Delmar Publisher. 462 p.
- Gómez, J. 2000. La materia orgánica en los agroecosistemas. Palmira: Universidad Nacional de Colombia. 70 p.
- Labrador M., J. 1996. La materia orgánica en los agroecosistemas. Madrid: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Mundi Prensa. p 57-65.
- Madigan, M.T.; Martinko, J.M.; Parker, J. 1999. Brock: Biología de los microorganismos. 8 ed. Madrid: Prentice. 986 p.
- Montenegro, H.; Malagón, D. 1990. Propiedades físicas de los suelos. Bogotá: IGAC. 813 p.
- Paul, E.A.; Clark, F.E. 1989. Soil microbiology and biochemistry. San Diego: Academic Press. 275 p.
- Sánchez de P., M.; Marmolejo de la T., F.; y Bravo, N. 2000. Microbiología. Aspectos Fundamentales. Palmira: Universidad Nacional de Colombia. 300 p.
- Siqueira, O.J.; Franco, A. 1988. Biotecnologia do solo. Brasilia: MEC Ministerio de Educación. 236 p.

- Siqueira, J. O.; Moreira, F. M. de S.; Grisi, B. M.; Hungria, M.; Araújo, R. S. 1994. Microorganismos e processos biológicos do solo. Perspectiva ambiental. Brasília: Embrapa. 142p.
- Sparling, G.P. 1997 Soil microbial biomass, activity and nutrient cycling as indicators of soil health. P 97- 119. *In*: Pankhurst, C.E.; Doube, S. M. and Gupta, V. V. S. R. CAB International. Biological indicators of soil health. 451p.
- Swisher, M. 1999. La ecología de la parcela. *En* Universidad de la Florida: Manual para los estudios de campo. 298 p. Módulo 1.
- Visser, S. and Parkinson, D. 1992. Soil biological criteria as indicators of soil quality: Soil microorganisms. *Am. J. Alternat Agric.* Vol.7(1/2): 33-37.
- Wild, A. 1992. Condición del suelo y desarrollo de las plantas según Russell. Madrid: Mundi-Prensa. 1.045 p.