

Evaluación de atributos biológicos de un suelo latosol bajo producción agroecológica

Evaluation of biological attributes of soil type latosol under agroecological production

Marisol Rivero Herrada¹, Ramiro Remigio Gaibor Fernández¹, Wilson Mozena Leandro², Enderson Petrônio de Brito Ferreira³, Tatiana Maris Ferraresi³, Juan José Reyes Pérez⁴

¹ Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Campus Ing. Manuel Haz Álvarez, km 1,5 vía a Santo Domingo de los Tsáchilas, Quevedo, Ecuador. CP 120554.

² Universidad Federal de Goiás. Rodovia Goiana. Nova Veneza, km zero. Campus Samambaia, Brasil. Caixa Postal 131.

³ Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria, Santo Antonio de Goias, Brasil.

⁴ Universidad Técnica de Cotopaxi, Extensión La Maná. Av. Los Almendros y Pujilí, Sector La Virgen. Edificio Universitario, La Maná, Ecuador. CP 050202.

E-mail: mriveroh59@gmail.com

RESUMEN. Los atributos biológicos del suelo se han mostrado como buenos indicadores de las alteraciones del suelo como resultado del manejo. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto del uso de plantas de cobertura, sistemas de siembra y sistemas de labranza sobre los atributos biológicos de un suelo latosol rojo amarillento. Las muestras de suelo fueron tomadas en la profundidad de 0-0,10 m, siete días antes de la cosecha del cultivo del frijol. Se evaluó el carbono y el nitrógeno de la masa bacteriana, respiración basal del suelo, cociente metabólico y la actividad enzimática total del suelo. El mejor manejo agroecológico fue cuando las plantas de cobertura se asociaron con mijo y en la siembra directa porque mostraron mayor contenido de carbono, nitrógeno de la biomasa microbiana del suelo y menor cociente metabólico, destacándose el frijol de puerco como la mejor planta de cobertura. Todos los atributos biológicos del suelo fueron sensibles al sistema de siembra directa, que mostró los mejores resultados de actividad enzimática total y del cociente metabólico del suelo, siendo el más eficiente.

Palabras clave: agroecosistema, biomasa microbiana, cultivos de cobertura, manejo de suelo

ABSTRACT. Biological soil attributes have shown to be good indicators of soil changes as a result of the management function. The aim of this study was to evaluate the effect of using cover crops, as well as planting and tillage systems on the biological attributes of a yellowish red latosol soil. Soil samples were taken at 0 to 0.10 m depth, seven days before the bean harvest. Microbial biomass carbon and nitrogen, basal soil respiration, metabolic ratio and total enzyme activity were evaluated in this study. The best agroecological management was achieved under the association of the ground cover with millet and in direct seeding because they showed higher soil microbial biomass carbon and nitrogen content and lower metabolic quotient, being pork bean the best plant coverage. All biological soil attributes were sensitive to the tillage system, which showed the best results of the total enzyme activity and of the soil metabolic quotient which resulted to be the most efficient.

Keywords: agroecosystem, microbial biomass, cover crops, soil management

INTRODUCCIÓN

La agroecología, más allá de la producción del sistema, propone una estrategia para diseñar agroecosistemas que sean productivos, resilientes, estables y sostenibles (Socarrás e Izquierdo, 2014). El manejo del suelo y el uso de plantas de cobertura son prácticas importantes en este sistema, con el creciente interés de

los agricultores que buscan el aumento de su rentabilidad y mejoría de la calidad de vida en el medio rural, además de la preservación de la calidad productiva del suelo a largo plazo, por lo que es necesario generar información sobre la contribución de esas prácticas en la manutención de la calidad del suelo (Cunha *et al.*, 2011).

Según Ferreira *et al.* (2011) desde el punto de vista de la producción agroecológica, es esencial el uso de especies de plantas que produzcan alta calidad y cantidad de masa seca, como prácticas que permiten la reducción de la preparación del suelo. No obstante, es necesario evaluar el impacto real de estas especies de cobertura y prácticas de manejo del suelo bajo este sistema de producción, en virtud de mantener o elevar la fertilidad del suelo en áreas bajo producción agroecológica y mejorar los rendimientos de los cultivos comerciales.

Los usos de estas plantas mejoran las propiedades biológicas y bioquímicas del suelo como: biomasa microbiana, respiración basal del suelo y cociente metabólico son indicadores sensibles que pueden usarse para monitorear las alteraciones derivadas del uso agrícola. Además, constituyen herramientas para orientar la planificación y la evaluación de las prácticas de manejo utilizadas (Alcantara *et al.*, 2007).

Diversas investigaciones han mostrado el efecto del sistema de manejo de suelo sobre los atributos biológicos, encontrándose que los sistemas agroecológicos conllevan a mejorar las propiedades del suelo incluso en condiciones similares a las reportadas previas a la perturbación. En este sentido, el presente estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto del uso de plantas de cobertura, sistemas de siembra y sistemas de labranza sobre los atributos biológicos de un suelo latosol rojo amarillento bajo producción agroecológica.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se desarrolló en la Estación Experimental Agroecológica del Centro de Pesquisa Embrapa Arroz y Frijol localizado en Santo Antonio de Goiás, Brasil en el periodo de 2011-2013. La ubicación geográfica del área experimental es de 16° 28' S y 49° 17' W, a 823 m sobre el nivel del mar. El clima es tropical de sabana, megatérmico. Las precipitaciones media anual varían de 1024,0 a 1891,9 mm (Silva *et al.*, 2010).

El suelo usado es un Latosol rojo-amarillento (Santos *et al.*, 2013) de textura media y un relieve ligeramente ondulado con 549 g kg⁻¹ de arcilla, 106 g kg⁻¹ de limo y 345 g kg⁻¹ de arena. Las características químicas del suelo antes del experimento, en la capa de 0-0,10 m (tabla 1) muestran en el área un antecedente de producción agroecológica, cultivada desde 2007 a 2009 con

el frijol gandul, para la obtención de semillas y de 2009 a 2010 con mucuna prieta.

Diseño experimental

El diseño experimental utilizado fue de bloques al azar con cuatro repeticiones y arreglo factorial 4x2x2. Los tratamientos se constituyeron por cuatro especies de leguminosas como plantas de coberturas, dos sistemas de cultivos: las leguminosas en monocultivo y asociadas con una gramínea (mijo) y dos sistemas de labranza del suelo: convencional y siembra directa. Las plantas de cobertura utilizadas fueron, frijol de puercos (*Canavalia ensiformis*, Adans.), mucuna (*Mucuna pruriens* (L.) DC.), frijol gandul (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.), crotalaria (*Crotalaria juncea* L.). También fue evaluado un suelo natural no perturbado cercano al área del experimento.

Las parcelas experimentales fueron de un área de 22,5 m², constituidas por nueve líneas del cultivo con 0,45 m de distancia entre líneas y con una longitud de 5 metros. Las plantas se sembraron utilizando 35 semillas por metro lineal para la crotalaria y gandul, y 8 semillas por metro lineal para la mucuna y frijol de puercos y 2,5 g m⁻¹ para el mijo. Las plantas de cobertura se cortaron a los 60 días después de la siembra en fase de floración, dejándolas en la superficie del suelo por un período de 30 días y luego las parcelas de 22,5 m² fueron divididas y se manejó una subparcela en sistema convencional y la otra en sistema de manejo de siembra directa. Posteriormente se sembró frijol (*Phaseolus vulgaris*, L) cultivar brasileño BRS Pontal a los 20 días después del manejo de las plantas de cobertura en el suelo.

Variables biológicas del suelo

Las muestras para el análisis de los atributos biológicos del suelo fueron tomadas en la profundidad de 0-0,10 m, se colectaron en cinco puntos diferentes representativos de cada parcela. También se tomaron muestras del mismo suelo en condiciones naturales, de un área cercana al experimento a la misma profundidad (EMBRAPA, 1997).

El C-BMS y N-BMS se determinaron por el método de fumigación-extracción de acuerdo con Vance *et al.* (1987) y se utilizó la destilación de Kjeldahl, descrita por Tedesco *et al.* (1995). La respiración basal del suelo (RBS) fue determinada de acuerdo con el método de Jenkinson y Powlson (1976) y el cociente metabólico ($q\text{CO}_2$) calculado de acuerdo con los procedimientos

Tabla 1. Características químicas del suelo antes del experimento

Profundidad	MO	pH	P	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
	(%)	(CaCl ₂)	mg dm ⁻³		cmol _c dm ⁻³	
0,00-0,20 m	1,4	5,2	1,3	55	1,5	0,6

MO= materia orgánica, P = fósforo, K⁺ = potasio, Ca²⁺ = calcio, Mg²⁺ = magnesio

descritos por Anderson y Domsch (1993), como una relación entre RBS y el C-BMS. Para la actividad enzimática total del suelo (AET) se utilizó el método de Ghini *et al.*, (1998).

Análisis estadístico

Se realizaron análisis de varianza y comparación múltiple de medias por la prueba de Tukey (P ≤ 0,05) utilizando el programa Statistica v. 10.0 para Windows (Statsoft, 2011).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Carbono de la biomasa microbiana del suelo

El análisis de varianza indica que no hay ningún efecto significativo de la interacción de los factores: planta de cobertura x sistema de siembra; sistema de siembra x sistema de labranza y plantas de cobertura x sistema de siembra x sistema de labranza sobre el C-BMS (tabla 2). Se observó un efecto aislado de los tres factores, por lo que fueron encontradas diferencias significativas, para las plantas de cobertura, el mayor valor fue alcanzado por frijol gandul, seguido por la *C. juncea*, con 369,69 y 347,11 mg C-BMS kg⁻¹ de suelo seco, respectivamente.

Cunha *et al.* (2011) encontraron que el frijol gandul usado como planta de cobertura proporcionó los mayores valores de C-BMS en la capa más superficial del suelo, con relación a las demás plantas de cobertura evaluadas en experimentos con frijol común en suelos de sabana tropical, siendo los valores de 293,8 y 398,0 mg C-BMS kg⁻¹ de suelo seco, para el manejo convencional y la siembra directa respectivamente. Además, observaron menores valores de C-BMS en el suelo con uso agrícola en sistema agroecológico, que en el suelo natural (414,6 mg C-BMS kg⁻¹ de suelo seco), siendo ese

hecho más pronunciado en el área bajo manejo convencional.

Cuando las plantas fueron asociadas con mijo se evidenciaron diferencias para el C-BMS kg⁻¹ de suelo seco. Para el sistema de manejo de suelo (labranza). Esta variable manifestó el mejor resultado en el sistema de siembra directa con un valor de 361,65 mg C-BMS kg⁻¹ de suelo seco. Todos los valores obtenidos para el C-BMS, fueron superados por el suelo natural o no perturbado con un valor de 1267,67 mg C-BMS kg⁻¹ de suelo seco.

Permitir una mayor permanencia de los residuos de las plantas de coberturas en el suelo mediante esta asociación, tiene beneficios en el aporte más lento del carbono suministrado a los microorganismos del suelo, por otra parte, la siembra directa también contribuyó a un mayor contenido de C-BMS, debido a sus efectos positivos en la conservación de la humedad, regulación de temperatura, mayor fertilidad y agregación del suelo, lo que ayuda a que se incremente la actividad microbiana del mismo.

Cuando comparamos el suelo estudiado con el suelo natural, observamos el elevado valor del C-BMS en este último, este resultado se explica porque este suelo no ha sido sometido a efectos antrópicos y los microorganismos tienen un desarrollo continuo y estable, debido a la existencia de la vegetación nativa, contribuyendo al incremento de la actividad biológica del mismo y del contenido de la materia orgánica.

Los resultados indican un incremento en 22,68 mg C-BMS kg⁻¹ de suelo seco, cuando las leguminosas fueron asociadas con mijo y en siembra directa, comparado con las plantas de coberturas en el monocultivo. Pôrto *et al.* (2009), consideran que las condiciones diferentes del suelo bajo vegetación natural, juntamente con la ausencia de perturbaciones ocurridas por la actividad antrópica hacen posible la existencia

Tabla 2. Efecto de plantas de cobertura en monocultivo y asociadas con mijo y sistemas de labranza del suelo en el C-BMS y el N-BMS en producción agroecológica

Tratamientos	C-BMS mg C-BMS kg ⁻¹ de suelo seco	N-BMS mg N-BMS kg ⁻¹ de suelo seco
Frijol de puerco	226,93 b	65,71 b
Crotalaria juncea	347,11 a b	67,08 b
Mucuna	297,03 b	70,68 b
Frijol gandul	369,69 a	85,15 a
Asociadas con mijo	321,53 a	78,63 a
Sin asociar con mijo	298,85 b	65,68 b
Sist siembra directa	361,65 a	82,33 a
Sist convencional	258,73 b	61,97 b
C.V. (%)	35,50	35,12
Suelo natural	1267,67	179,85

Medias con letras distintas en una misma columna difieren para Tukey a 5 % (P<0,05)

de mayor cantidad de C-BMS, indicando mayor equilibrio de la microbiota del suelo.

El C-BMS es un indicador biológico eficiente, para determinar las diferencias entre los sistemas de labranza del suelo: siembra directa y el sistema convencional. El sistema de siembra directa presenta mayor sustentabilidad, contribuyendo a una gran acumulación del carbono en el suelo (Ferreira *et al.*, 2010), con relación a las plantas de cobertura.

Nitrógeno de la biomasa microbiana del suelo

El análisis de varianza indica que no hay ningún efecto significativo de la interacción de los factores sobre el N-BMS, solo mostró diferencias significativas para los factores independientes, plantas de coberturas, sistemas de cultivo y para los sistemas de labranza del suelo. Siendo el frijol gandul el que aportó el mayor contenido N-BMS, con un valor de 85,15 6 mg N-BMS kg⁻¹ de suelo seco y diferencias significativas con el resto de las leguminosas (tabla 2). Para los sistemas de cultivos también fueron encontradas diferencias significativas, las leguminosas asociadas tuvieron mayor N-BMS que las que no fueron asociadas (monocultivo), con 78,73 y 65,68 mg N-BMS kg⁻¹ de suelo seco respectivamente, notándose que en las asociadas con el mijo, el N-BMS fue menor en 12,95 mg N-BMS kg⁻¹ de suelo seco, que en las que estaban sin asociar, lo que explica que hubo efecto de la asociación con el mijo para el nitrógeno de la biomasa microbiana del suelo.

Este atributo biológico se vio favorecido por el sistema de labranza del suelo con la siembra

directa, donde el N-BMS del suelo fue de 82,33 mg N-BMS kg⁻¹ de suelo seco, superando al sistema convencional con 20,36 mg N-BMS kg⁻¹ de suelo seco. El mayor valor del N-BMS fue de 179,85 mg N-BMS kg⁻¹ de suelo seco, también fue encontrado en el suelo natural. El N-BMS mantuvo la misma tendencia que el C-BMS, con el mayor valor de 78,63 mg N-BMS kg⁻¹ de suelo seco, cuando las plantas de cobertura fueron asociadas al mijo.

Los resultados encontrados por Gómez *et al.* (2012) en la determinación de la biomasa microbiana del suelo y su relación con el nitrógeno disponible en suelos de la Habana, Cuba, reflejaron que los niveles de carbono y nitrógeno inmovilizado en la biomasa microbiana tuvieron una correlación significativa con los contenidos porcentuales de materia orgánica y nitrógeno en el suelo respectivamente, aspecto de gran importancia para los estudios de evaluación de la fertilidad de suelo y la disponibilidad de nutrientes en los mismos.

Respiración basal del suelo (RBS)

Para la respiración basal del suelo (RBS) no fueron encontradas diferencias significativas para las interacciones, solo se evidenciaron diferencias en los sistemas de manejo del suelo (tabla 3) con el mayor valor de este atributo biológico del suelo de 0,54 g de C-CO₂ kg⁻¹ de suelo seco h⁻¹, en el sistema de siembra directa, que mostró diferencias significativas con el sistema convencional (0,21 g de C-CO₂

Tabla 3. Efecto de plantas de cobertura en monocultivo y asociadas con mijo y sistemas de labranza del suelo en la RBS, qCO_2 y AET en producción agroecológica

Tratamientos	RBS (g de C-CO ₂ kg ⁻¹ suelo seco h ⁻¹)	qCO_2 (mg C-CO ₂ g ⁻¹ C-BMS h ⁻¹)	AET (g FDA hidg ⁻¹ h ⁻¹)
Frijol de puerco	0,49 a	0,20 b	30,69 b
<i>Crotalaria juncea</i>	0,30 a	0,50 b	32,04 a b
<i>Mucuna</i>	0,38 a	2,54 a	40,35 a
Frijol gandul	0,33 a	0,97 b	32,05 a b
Asociadas con mijo	0,33 a	0,27 b	34,32 a
Sin asociar con mijo	0,42 a	2,23 a	33,25 a
Sist siembra directa	0,54 a	0,23 b	40,16 a
Sist convencional	0,21 b	2,27 a	27,41 b
C.V. (%)	14,71	17,23	28,12
Suelo natural	2,11	0,0018	54,44

Medias con letras distintas en una misma columna difieren significativamente, para de Tukey a 5 % ($p < 0,05$)

kg⁻¹ de suelo seco h⁻¹), donde el suelo tuvo una respiración menor.

El suelo natural superó con 2,11 g de C-CO₂ kg⁻¹ de suelo seco h⁻¹, los valores de la RBS encontrados en todos los tratamientos estudiados, lo que evidencia una alta actividad biológica de este suelo natural por el hecho de no haber sido sometido a actividades antrópicas. La mayor liberación del CO₂ en el suelo generalmente está asociada a una mayor actividad biológica del mismo, determinada por una gran cantidad de macro y microorganismos presentes, pero sobre todo por la microflora y a su vez está directamente relacionada con la cantidad de carbono lábil en el suelo.

Estos resultados coinciden con los obtenidos por Ferreira *et al.* (2010) comparando diferentes sistemas de cultivos y sistemas de labranza sobre la RBS, mostrando que para este atributo biológico no hubo diferencias significativas entre los sistemas de manejo del suelo (SSD y SC) y el área cultivada, sin embargo, el sistema de siembra directa (SSD) fue estadísticamente diferente del sistema convencional (SC).

Según Zornoza *et al.* (2007) la BSR muestra una estrecha relación con las condiciones abióticas del suelo, tales como la temperatura y la humedad. Además, la mayor cantidad de materia orgánica en la superficie de suelo cultivada en el sistema de siembra directa (SSD) determina la actividad microbiana en descomposición y en consecuencia, el incremento de la BSR.

Cunha *et al.* (2011) encontraron diferencias significativas para este atributo biológico del suelo entre los sistemas de manejo del suelo con la siembra directa y convencional, en

condiciones similares en la producción de frijol y maíz orgánico en el Estado de Goiás, Brasil, sin embargo no encontraron diferencias significativas entre las plantas de cobertura, crotalaria, frijol gandul mucuna y sorgo. Pôrto *et al.* (2009) por su parte encontraron mayor valor de RBS en el suelo, natural no perturbado que en sistemas de sucesión y asociación de cultivos.

Cociente metabólico del suelo (qCO_2)

El cociente metabólico (qCO_2) presentó diferencias significativas, los menores valores obtenidos en la leguminosa Frijol de puerco (0,20 mg C-CO₂ g⁻¹ C-BMS h⁻¹), las asociadas con mijo (0,27 mg C-CO₂ g⁻¹ C-BMS h⁻¹) y en el sistema de manejo del suelo con siembra directa (0,23 mg C-CO₂ g⁻¹ C-BMS h⁻¹). Todos los valores obtenidos para el qCO_2 fueron muy superiores al del suelo natural no perturbado (0,0018 mg C-CO₂ el h-1 del g-1C-BMS).

Jakelaitis *et al.*, (2008) observaron menor valor de qCO_2 en el suelo bajo condiciones de vegetación natural, que en el suelo bajo otros sistemas de manejo. En tal sentido se explica que el agroecosistema estudiado ha recibido los efectos de los diferentes manejos, además ha alcanzado la estabilidad y sustentabilidad agrícola, sobre todo en el manejo con la siembra directa, empleando leguminosas y el mijo en asociación.

Actividad enzimática total del suelo (AET)

En la actividad enzimática total del suelo (AET) fueron verificadas diferencias significativas para los factores independientes. El mayor valor

(40,35 g FDA hidg⁻¹ h⁻¹) en el suelo manejado con la mucuna, con diferencias significativas con el frijol de puerco y en el sistema de siembra directa (40,16 g el FDA hidg⁻¹ h⁻¹). Todos los valores obtenidos de la actividad enzimática total (AET) fueron inferiores al valor (54,44 g el FDA hidg⁻¹ h⁻¹) mostrado para la AET del suelo natural.

Según Cunha *et al.* (2012) refieren que los sistemas del cultivo provocaron alteraciones en los atributos biológicos y químicos del suelo cuando son comparados con la condición preservada del ambiente del suelo natural. En tal sentido en este estudio fue comprobado en que el suelo manejado con el sistema de producción agroecológica con las plantas de cobertura, se vio alterado en sus atributos biológicos.

El sistema de siembra directa proporcionó los mejores resultados para los atributos biológicos del suelo. En general un qCO_2 bajo, indica una economía en el uso de energía y supuestamente refleja un ambiente más estable o más próximo de su estado de equilibrio.

CONCLUSIONES

El mejor manejo agroecológico fue cuando las plantas de cobertura se asociaron con mijo y en la siembra directa porque mostraron mayor contenido de carbono, nitrógeno de la biomasa microbiana del suelo y menor cociente metabólico, destacándose el frijol de puerco como la mejor planta de cobertura. Todos los atributos biológicos del suelo fueron sensibles al sistema de siembra directa que mostró los mejores resultados de actividad enzimática total y del cociente metabólico del suelo, siendo el más eficiente.

BIBLIOGRAFÍA

1. ALCANTARA, R.M.C.M., A.M.S. ARAÚJO, A.A. LIMA, P.G. HAIM, E.E. SILVA. Avaliação da biomassa microbiana do solo em sistemas orgânico. *Revista Brasileira de Agroecologia*, 2 (2): 991-994, 2007.
2. ANDERSON, T.H. y K.H. DOMSCH. The metabolic quotient for Co₂ (qCo₂) as a specific activity parameter to assess the effects of environmental conditions, such as pH, on the microbial biomass of forest soils. *Soil biology & Biochemistry*, 25 (3): 393-395, 1993.
3. CUNHA, E.Q., L.F. STONE, J.A.A. MOREIRA, E.P.B. FERREIRA, A.D. DIDONET, W.M. LEANDRO. Sistemas de preparo do solo e culturas de cobertura na produção orgânica de feijão e milho. I – Atributos biológicos do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 35 (2): 603-611, 2011.
4. CUNHA, E.Q., L.F. STONE, J.A.A. MOREIRA, E.P.B. FERREIRA, A. DIDONET, J.A.A. MOREIRA. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo sob produção orgânica impactada por sistemas de cultivo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 16 (1): 56-63, 2012.
5. EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). Manual de métodos de análise de solos. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 2. ed. Embrapa CNPS, Rio de Janeiro, Brazil. 1997, 212 p.
6. FERREIRA, E.P.B., J.C. RIBEIRO, H. DE-POLLI, N.R. GOUVÉA. Microbial soil quality indicators under different crop rotations and tillage management. *Revista Ciência Agronômica*, 41 (2): 177-183, 2010.
7. FERREIRA, E. P. B., L.F. STONE, P.L. PARTELLI, A.D. DIDONET. Produtividade do feijoeiro comum influenciada por plantas de cobertura e sistemas de manejo do solo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 15 (7): 695–701, 2011.
8. GHINI, R., M.D.L. MENDES, W. BETTIOL. Método de hidrólise de diacetato de fluoresceína (fda) como indicador da atividade microbiana no solo e supressividade a rhizoctonia solani. *Summa Phytopathologica*, 24 (3-4): 239-242, 1998.
9. GÓMEZ, L.A.J., A.V. MORALES, G.V. DUEÑA, J.M. DANTIN, N.G. CHÁVEZ, M.L. TORRES. Contenido de carbono y nitrógeno de la biomasa microbiana del en suelos de la Habana. *Agromía Mesoamericana*, 23 (1): 179-187, 2012.
10. JAKELAITIS, A., A.A. SILVA, J.B. SANTOS, R. VIVIAN. Qualidade da camada superficial de solo sob mata, pastagens e áreas cultivadas. *Pesq. Agropec. Trop.*, 38: 118- 127, 2008.
11. JENKINSON, D. S. and D.S. POWLSON. The effects of biocidal treatments on metabolism in soil. A method for measuring soil biomass. *Soil Biology and Biochemistry*, 8 (3): 209-213, 1976.
12. PÔRTO, M.L., J.C. ALVES, A.A. DINIZ, A.P. SOUZA, D. SANTOS. Indicadores biológicos de qualidade do solo em diferentes sistemas de uso no brejo paraibano. *Ci. Agrotec.*, 33: 1011-1017, 2009.

13. SANTOS, H.G, P.K.T. JACOMINE, L.H.C. ANJOS, V.A. OLIVEIRA, J.F. LUBRERAS, M.R. COELHO, J.A. ALMEIDA, T.J.F. CUNHA, J.B. OLIVEIRA. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. 3ª ed. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Brasília, DF, Brasil. 2013, 353 p. ISBN: 978-85-7035-198-2.
14. SILVA, S.C., A.B. HEINEMANN, R.L.F. PAZ, A.O. AMORIM. Informações meteorológicas para pesquisa e planejamento agrícola, referentes ao ano de 2009, do município de Santo Antônio de Goiás, GO. Documento Embrapa Arroz e Feijão, Goiás, Brasil. 2010, pp. 32.
15. SOCARRÁS, A., I. IZQUIERDO. Evaluación de sistemas agroecológicos mediante indicadores biológicos de la calidad del suelo: mesofauna edáfica. *Pastos y Forrajes*, 37 (1): 47-54, 2014.
16. STATSOFT, Inc. Statistica. System reference. StatSoft, Inc., Tulsa, Oklahoma, USA. 2011, 1098 p.
17. TEDESCO, M. J., C. GIANELLO, C.A. BISSANI, H. BOHNEN, S.J. VOLKWEISS. *Análises de solo, plantas e outros materiais*. 2. ed. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil. 1995, 174 p.
18. VANCE, E.D., P.C. BROOKES, D.S. JENKINSON. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. *Soil Biology and Biochemistry*, 19 (6): 703-707, 1987.
19. ZORNOZA, R. Assessing the effects of air-drying and rewetting pre-treatment on soil microbial biomass, basal respiration, metabolic quotient and soluble carbon under Mediterranean conditions. *European Journal of Soil Biology*, 43 (02): 120-129, 2007.

Recibido el 10 de diciembre de 2015 y aceptado el 26 de enero de 2016