

Editada por el Centro de Información y Gestión Tecnológica. CIGET Pinar del Río

Vol. 18, No.1 enero-marzo, 2016

ARTÍCULO ORIGINAL

Carbono microbiano del suelo bajo manejo agroecológico en condiciones tropicales

Carbon agroecological microbial soil management under tropical conditions

Marisol Rivero Herrada^{1*}, Wilson Mozena Leandro², Anderson Pretrônio de Brito Ferreira³

¹Doctora en Ciencias Agrícolas, profesora de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, (UTEQ), Ecuador. Correo electrónico: mriveroh59@gmail.com

²Doctor en Ciencias del Suelo, profesor Titular. Universidad Federal de Goiás, (UFG), Brasil. Correo electrónico: wilsonufg@gmail.com

³Doctor en Ciencias Agrícolas. Investigador de Empraba Arroz y Frijol, (EMBRAPA) Goiás, Brasil. Correo electrónico: anderson@cnpaf.embrapa.br

RESUMEN

Los atributos biológicos del suelo tienen la capacidad de medir el nivel de desequilibrio al que está sujeto un determinado ambiente, son útiles para determinar los efectos positivos y negativos en la calidad del suelo y la sustentabilidad de las prácticas agrícolas. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de diferentes sistemas de manejo del suelo con plantas de cobertura en monocultivo y asociadas, en siembra directa y preparación convencional bajo producción agroecológica, en el carbono microbiano del suelo. Los tratamientos se constituyeron de frijol de puerco como plantas de cobertura en monocultivo y asociada con el mijo en dos sistemas de manejo de suelo, siembra directa y convencional, también fue evaluado un tratamiento control constituido por suelo natural procedente de la misma área de estudio. El experimento se realizó en diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones. Las variables evaluadas fueron: carbono de la biomasa microbiana del suelo, respiración basal del suelo, cociente metabólico del suelo. El carbono microbiano del suelo fue sensible a los sistemas de manejo agroecológico. Se destacó el sistema de siembra directa donde se obtuvieron los mayores valores del carbono de la biomasa microbiana y respiración basal del suelo. El sistema de cultivo con la asociación y en la siembra directa mostró los menores valores del cociente metabólico del suelo, constituyendo los sistemas más eficientes.

Palabras clave: Suelo, Plantas de cobertura, Asociaciones, Agroecosistema.

ABSTRACT

Soil biological attributes have the ability to measure the level of imbalance which is subject a given environment, are useful to determine the positive and negative effects on soil quality and sustainability of agricultural practices. The aim of this study was to evaluate the effect of different soil management systems with cover crops in monoculture and associated, in conventional tillage and preparation under ecological production, in microbial soil carbon. The treatments were constituted bean pork as cover crops in monoculture and associated with millet in two systems of soil management, direct and conventional planting was also evaluated control treatment consisting of natural soil from the same study area. The experiment was conducted in randomized block design with four replications. The variables evaluated were: carbon soil microbial biomass, basal soil respiration, soil metabolic quotient. Soil microbial carbon were sensitive to agroecological management systems. Tillage systems where the highest values carbon of the microbial biomass and basal soil respiration. The culture system with the association and tillage showed the lowest values of soil metabolic quotient, were the most efficient systems.

Key words: Soil, Cover crops, Associations, Agro-ecosystem.

INTRODUCCIÓN

La agricultura de conservación que se desarrolla en el mundo, engloba prácticas agrícolas que propicien mínima perturbación mecánica del suelo (sin labranza y siembra directa), aumento y mantenimiento de materia orgánica rica en carbono que cubra y fertilice el suelo (plantas de cobertura) y rotaciones o secuencias y asociaciones de cultivos, que podrían incluir leguminosas nitrificantes. Estas prácticas propician la retención de carbono en el suelo, evita las pérdidas netas de dióxido de carbono por la respiración microbial y la oxidación de la materia orgánica del suelo, y construye la estructura del suelo a través de su biota y las raíces (FAO, 2010).

Los microorganismos juegan un papel importante en estos procesos, sobre todo en el flujo de energía y el reciclaje de nutrientes en los agroecosistemas, son los principales responsables de la transformación de la materia orgánica. Por consiguiente, ellos son considerados indicadores de calidad del suelo y son fácilmente influenciados por muchos factores, como: manejo del suelo y cultivos de cobertura, el tipo de fertilizantes y la manera en que son aplicados; la fase de desarrollo de planta y cultivar, entre otras (Carrera *et al.*, 2007).

Una de las formas de evaluar la actividad biológica en el suelo es mediante la tasa de respiración basal del suelo, que consiste en la medir la producción de CO₂ resultante de la actividad metabólica de los microorganismos, raíces vivas y de microorganismos como lombrices, nematodos e insectos (Tótola y Chaer, 2002). Teniendo en cuenta la complejidad de estas interacciones entre la materia orgánica y los microorganismos del

suelo, fue propuesto un factor o cociente metabólico (qCO_2) que expresa la tasa de respiración por unidad de la biomasa microbiana del suelo (Anderson y Domsch, 1993). Estas alteraciones biológicas en el suelo en áreas sometidas a sistema de producción agroecológica son importantes, para monitorear la sustentabilidad del agroecosistema (Cunha *et al.*, 2011). Existe poca información sobre indicadores de la calidad del suelo bajo este sistema de manejo ya establecidos por varios años en regiones tropicales. El presente estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto de sistemas de manejo del suelo con plantas de cobertura en monocultivo y asociadas, en siembra directa y preparación convencional bajo producción agroecológica en el carbono microbiano del suelo.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se desarrolló en la Estación Experimental Agroecológica de Embrapa Arroz y Frijol, Goiás, Brasil en el período de 2012-2013. El clima es tropical de sabana, megatérmico, con precipitaciones media anual que varían entre 1024,0 y 1891,9 mm (Silva *et al.*, 2010). El suelo utilizado es un Latosol Rojo Amarillento de textura media y topografía ligeramente ondulada (Santos *et al.*, 2013). Las características químicas del suelo antes del experimento fueron analizadas en la capa de 0.00-0.10 cm: 1.4 % de materia orgánica, pH 5,2 en H_2O ($CaCl_2$), 1.3 $mg\ dm^{-3}$ de fósforo, 55 $mg\ dm^{-3}$ de potasio, 1.5 $cmolc\ dm^{-3}$ del calcio y 0.6 $cmolc\ dm^{-3}$ de magnesio.

El diseño experimental utilizado fue un bloque al azar con cuatro repeticiones. Los tratamientos se constituyeron del manejo agroecológico del suelo con plantas de cobertura: frijol de puerco (*Canavalia ensiformis*, Adans.) en monocultivo, frijol de puerco asociada con mijo (*Pennisetum glaucum* L.) en sistemas convencional (SC) y siembra directa (SD). Por otra parte fue evaluado un suelo natural no perturbado cercano al área del experimento. Las parcelas experimentales fueron de una área de 22.5 m^2 . Las plantas de coberturas se manejaron en el suelo a los 60 días después de la siembra en fase de floración, manteniendo las mismas en la superficie por un período de 30 días y luego las parcelas fueron divididas y se manejó una subparcela con siembra directa (plantas de cobertura en la superficie del suelo) y la otra con sistema convencional (pase de grada, plantas de cobertura incorporadas en el suelo).

Las muestras para el análisis de los atributos biológicos fueron tomadas en la profundidad de 0,00-0,10 m a los 30 días después del manejo del suelo con las plantas de cobertura, se tomaron de cinco puntos representativos de cada parcela por tratamiento, también fueron tomadas muestras de un suelo natural de un área cercana al experimento con la misma profundidad. Las muestras de suelo fueron sometidas a temperaturas de 4° C, luego se tamizaron en malla de 2 mm y secaron hasta alcanzar la humedad ajustada para 80% de la capacidad del campo.

El Carbono de la biomasa microbiana del suelo (C-BMS) fue determinado por el método de fumigación-extracto (Vance *et al.*, 1987). La respiración basal del suelo (RBS), refiriéndose a la producción de CO_2 liberado por los microorganismos en el suelo fue

determinada por el método de Jenkinson y Powlson, (1976) y el cociente metabólico (qCO_2) se determinó de acuerdo con la metodología descrita por Anderson y Domsch (1993), como la relación entre la RBS y C-BMS. Se realizaron análisis de varianza y comparaciones múltiples de medias (Tukey, $p \leq 0.05$). Los análisis se realizaron con el programa estadístico Statistica v. 10.0 para Windows (StatSoft, Inc., 2011).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El carbono de la biomasa microbiana del suelo (C-BMS) no mostró diferencias significativas para las interacciones (*figura 1*). Cuando el frijol de puerco fue asociado con mijo se evidenció el mayor valor de 321,5 mg de C-BMS kg^{-1} de suelo seco, con respecto al frijol de puerco en monocultivo o sin asociar que fue 22,7 mg de C-BMS kg^{-1} de suelo seco menor. Para el sistema de manejo de suelo, 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 carbono de la biomasa microbiana del suelo (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. Se comprobó el efecto de la asociación con la gramínea (mijo) pudo determinar que la relación C/N sea mayor y permitir una mayor permanencia de los residuos de las plantas de coberturas en el suelo, con beneficio 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 del carbono de la biomasa microbiana del suelo (C-BMS), debido a sus múltiples beneficios en la conservación de la humedad del suelo, regulación de la temperatura del suelo, mayor fertilidad del suelo y agregación del mismo, lo que ayuda a que se incremente la actividad microbiana del suelo.

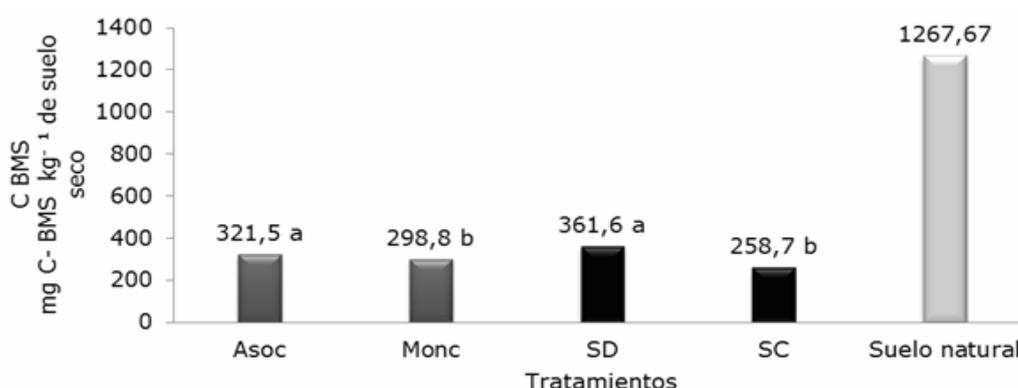


Figura 1. Efecto de los sistemas de manejo en el C-BMS en producción agroecológica.

Nota: Medias con letras distintas en una misma columna difieren para de Tukey a 5% ($P < 0,05$). C-BMS, carbono de la biomasa microbiana del suelo. Asoc., frijol de puerco asociado con mijo. Monc., frijol de puerco en monocultivo. SD, sistema de siembra directa. SC, sistema convencional.

Cuando comparamos el suelo estudiado con el suelo natural, observamos el elevado valor del carbono de la biomasa microbiana del suelo 1267,67 mg C-BMS kg^{-1} de suelo seco, este resultado se evidencia debido a que este suelo natural no ha sido sometido a efectos antrópicos y los microorganismos tienen un desarrollo continuo y estable, pudiendo

determinar en la cantidad de carbono en el suelo, debido a la existencia de la vegetación nativa, contribuyendo al incremento de la actividad biológica del mismo y del contenido de la materia orgánica. Porto *et al* (2009), consideran que las condiciones diferentes del suelo bajo vegetación natural, juntamente con la ausencia de perturbaciones ocurridas por la actividad antrópica, hace posible la existencia de mayor cantidad de carbono de la biomasa microbiana del suelo, indicando mayor equilibrio de la microbiota del suelo en ese agroecosistema.

En el 2010, Ferreira *et al.* demostraron que (C-BMS) es un indicador biológico eficiente para determinar las diferencias entre los sistemas de manejo de suelo, siembra directa y el sistema convencional, el sistema de siembra directa presenta mayor sustentabilidad que el convencional, contribuyendo a una gran acumulación del carbono en el suelo. Silva *et al.* (2007) no encontraron diferencias para este atributo biológico del suelo cuando compararon diversos cultivos de cobertura, para el frijol común bajo riego en estos dos sistemas de manejo del suelo, pero constataron mayores valores del carbono de la biomasa microbiana del suelo (C-BMS) en suelo bajo el sistema de siembra directa, lo que indica que ese manejo favorece la actividad biológica del suelo. También Cunha *et al.* (2011) observaron menores valores promedio del carbono de la biomasa microbiana del suelo (C-BMS) en el suelo con el 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 las área bajo manejo convencional.

Los valores de la respiración basal del suelo (RBS) mostraron diferencias significativas para los sistemas de manejo del suelo, la mayor actividad biológica ocurre en el sistema de siembra directa con 0,54 g de C-CO₂ Kg⁻¹ de suelo seco h⁻¹ con diferencias significativas con el sistema convencional (0,21 g de C-CO₂ Kg⁻¹ de suelo seco h⁻¹), donde el suelo tuvo una respiración menor (*figura 2*). Todos los valores de RBS encontrados oscilaron entre 0,21 y 0,54 g de C-CO₂ Kg⁻¹ de suelo seco h⁻¹, siendo superado solamente por el suelo natural con un valor de 2,11 g de C-CO₂ Kg⁻¹ de suelo seco h⁻¹. Lo que evidencia una alta actividad biológica de este suelo natural por el hecho de no haber sido sometido a actividades antrópicas.

Estos resultados coinciden con los obtenidos por Ferreira *et al.* (2010) comparando diferentes sistemas de cultivos y sistemas de manejo, sobre la respiración basal del suelo (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) indica que la respiración basal del suelo 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, sobre el incremento de la BSR (Vargas y Scholles, 2000).

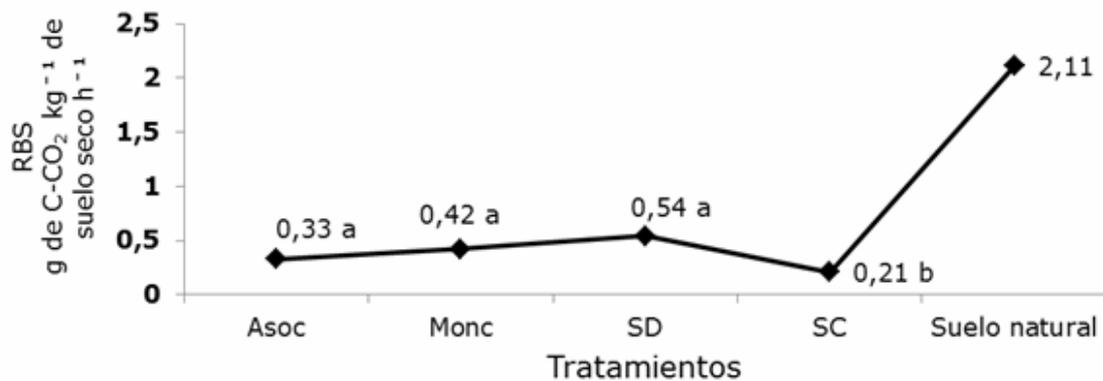


Figura 2. Efecto de los sistemas de manejo en la RBS en producción agroecológica.

Nota: Medias con letras distintas en una misma columna difieren para Tukey a 5% ($P < 0,05$). RBS; carbono de la biomasa microbiana del suelo. Asoc, frijol de puerco asociado con mijo. Monc, frijol de puerco en monocultivo. SD, sistema de siembra directa. SC, sistema convencional.

La respiración basal del suelo (RBS) (*figura 2*) es un indicador de la actividad heterotrófica de la biomasa microbiana del suelo (BMS), siendo la cantidad de carbono (C) liberado un indicativo del carbono lábil o prontamente metabolizable en el suelo (Jenkinson y Powlson, 1976). Este atributo biológico puede ser considerado un indicador sensible de la influencia de factores abióticos sobre el ambiente edáfico, de la descomposición de residuos, del giro metabólico del carbono orgánico del suelo y de perturbaciones del ecosistema, por eso la interpretación de sus valores debe realizarse con cautela (Tótolá y Chaer, 2002).

Al respecto Pórto *et al.* (2009) encontraron mayor valor de RBS en el suelo natural que en sistemas de sucesión y asociación de cultivos. Silva *et al.* (2007), no encontraron diferencias significativas en los valores de la respiración basal del suelo, entre el sistema de preparación de suelo convencional y el manejo del suelo con la siembra directa bajo condiciones de un suelo tropical. Carneiro *et al.* (2009) observaron mayores valores de este atributo biológico del suelo en el suelo natural que en las áreas de pastos y de siembra directa del cultivo de maíz.

El cociente metabólico (*figura 3*) presentó diferencias significativas tanto para la asociación, como para los sistemas de siembra directa y convencional, los menores valores fueron en el sistema de manejo del suelo con siembra directa ($0,23 \text{ mg C-CO}_2 \text{ g}^{-1} \text{ C-BMS h}^{-1}$). Este atributo biológico del suelo presentó variaciones significativas cuando la leguminosa fue asociada con el mijo y para el sistema de siembra directa (sin mover la superficie del suelo), donde se obtuvieron los menores valores del metabólico del suelo ($q\text{CO}_2$), lo que indica la eficiencia de esos sistemas de manejo en los atributos biológicos del suelo, a pesar de ser superiores a los del suelo natural ($0,0018 \text{ mg C-CO}_2 \text{ el h}^{-1} \text{ del g}^{-1} \text{ C-BMS}$). En tal sentido se explica la estabilidad y susceptibilidad del agroecosistema manejado con siembra directa y otras prácticas agroecológicas, como abonos verdes asociaciones con leguminosas y gramíneas por varios años de en el área de estudio.

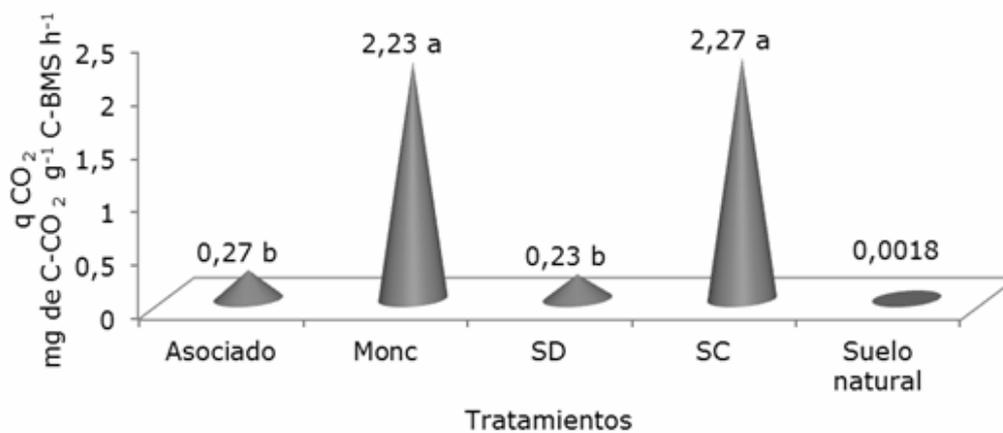


Figura 3. Efecto de los sistemas de manejo en el qCO_2 del suelo en producción agroecológica.
Nota: Medias con letras distintas en una misma columna difieren para de Tukey a 5% ($P < 0,05$). qCO_2 , cociente metabólico del suelo. Asoc, frijol de puerco asociado con mijo. Monc, frijol de puerco en monocultivo. SD, sistema de siembra directa. SC, sistema convencional.

Estudios de Jakelaitis *et al.*, (2008) y Pôrto *et al.*, (2009) observaron menor valor de qCO_2 en el suelo bajo condiciones de vegetación natural, que en el suelo bajo otros sistemas de manejo. En la medida que la biomasa microbiana se torna más eficiente en la utilización de los recursos del ecosistema, menos CO_2 se pierde por la respiración y mayor proporción del carbono (C) es incorporado a los tejidos microbianos, lo que resulta en la disminución del qCO_2 . Menores valores de qCO_2 indican agroecosistemas más estables y la sustitución de la vegetación nativa acelera la descomposición de residuos, con el aumento del valor del qCO_2 (Silva *et al.*, 2007).

En tal sentido 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 una leguminosa y el mijo en asociación. Se considera que una biomasa microbiana del suelo (BMS) más eficiente es aquella que pierde menores cantidades relativas de carbono (C) en la forma de CO_2 (con la respiración) e incorpora más carbono a los tejidos microbianos. En general un bajo qCO_2 indica economía en la utilización de la energía y por supuesto refleja un ambiente más estable o más próximo de su estado de equilibrio, al contrario los valores elevados son indicativos de ecosistemas sometidos a alguna condición de estrés o disturbio ecológico (Tótola y Chaer, 2002).

CONCLUSIONES

Los atributos biológicos del suelo fueron sensibles a los sistemas de manejo agroecológicos. Se destacó el sistema de siembra directa donde se obtuvieron los mayores valores de C-BMS con ($361,65 \text{ mg C-BMS kg}^{-1}$ de suelo seco), RBS ($0,54 \text{ g de C-CO}_2 \text{ Kg}^{-1}$ de suelo seco h^{-1}) y menor qCO_2 ($0,23 \text{ mg C-CO}_2 \text{ g}^{-1} \text{ C-BMS h}^{-1}$). El sistema de cultivo con la asociación y en la siembra directa mostraron los menores valores del qCO_2 del suelo, por lo que fueron los sistemas más eficientes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anderson, T. H., Domsch, K. H. (1993). The metabolic quotient for CO₂ (qCO_2) 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
- Carneiro, M. A. C., Souza, E. D., Reis, E. F., Pereira, H. S., Azevedo, W. R. (2009). Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de Cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 33(1), 47-157
- Carrera, L.M., Buyer, J.S., Vinyard, B., Abdul-Baki, A.A., Sikora, L.J., Teasdale, J.R. (2007). Effects of cover crops, compost, and manure amendments on soil microbial community structure in tomato production systems. *Applied Soil Ecology*. 37, 247-255
- Cunha, E. Q., Stone, L. F., Moreira, J. A. A., Ferreira, E. P. B., Didonet, A. D., L, W. M. (2011). Sistemas de preparación del suelo y cultivos de cobertura en la producción orgánica de frijol y maíz. I _ Atributos biológicos del suelo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 35(2), 603-611
- FAO. (2010). *Agricultura climáticamente inteligente. Políticas, prácticas y financiación para la seguridad alimentaria, adaptación y mitigación*. 54 p.
- Ferreira, E. P. B., Ribeiro, J. C., De-Polli, H., Gouvêa, N. R. (2010). Microbial soil quality indicators under different crop rotations and tillage management. *Revista Ciência Agronômica*, 41(2), 177-183
- Jakelaitis, A., Silva, A. A., Santos, J. B., Vivian, R. (2008). Qualidade da camada superficial de solo sob mata, pastagens e áreas cultivadas. *Pesq. Agropec. Trop.*, 38,118- 127
- Jenkinson, D. S., Powlson, D. S. (1976). The effects of biocidal treatments on metabolism in soil. A method for measuring soil biomass. *Soil Biology and Biochemistry*. 8(3), 209-213.
- Pôrto, M. L., Alves, J.C., Diniz, A.A., Souza, A.P. & Santos, D. (2009). Indicadores biológicos de qualidade do solo em diferentes sistemas de uso no brejo paraibano. *Ci. Agrotec*. 33, 1011-1017.
- Santos, H. G, Jacomine, P. K. T., Anjos, L. H. C., Oliveira, V. A., Lubreras, J. F., Coelho, M. R., Almeida, J. A., Cunha, T.J.F., Oliveira, J. B., (Ed.). (2013). *Sistema brasileiro de classificação de solos*. 3ª ed. Brasília, DF: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.
- Silva, A. A., Silva, P. R., Suhre, E., Argenta, G., Strieder, M. L., Rambo, L. (2007). Sistemas de coberturas de suelo en invierno y sus efectos sobre el rendimiento del maíz en sucesión. *Ciência Rural*. 37(4), 928-935.
- Silva, S. C., Heinemann, A. B., Paz, R. L. F., Amorim, A. O. (2010). *Informações meteorológicas para pesquisa e planejamento agrícola, referentes ao ano de*

2009, do município de Santo Antônio de Goiás, GO: Embrapa Arroz e Feijão. (Documentos, 256). 32 p.

- StatSoft, Inc. (2011). *Statistica. System reference*. StatSoft, Inc., Tulsa, Oklahoma, USA. 1098 p.
- Tótola, M.R. y Chaer, G.M. (2002). Microorganismos y procesos microbiológicos como indicadores de calidad de los suelos. In: Álvarez V., V.H., Schaefer, C.E.G.R., Barros, N.F., Mello, J.W.V. y Costa, L.M. (Ed.). *Tópicos en ciencia del suelo*, (2), 195-276
- Vance, E. D., Brookes, P. C., Jenkinson, D. S. (1987). An extraction method for measuring soil microbial biomass C. *Soil Biology and Biochemistry*, 19(6), 703-707.
- Vargas, L. K., Scholles, D. (2000). Biomassa microbiana e produção de C-CO₂ e N mineral de um podzólico vermelho escuro submetido a diferentes sistemas de manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 24(01), 35-42.

Recibido: diciembre 2015

Aprobado: febrero 2016

DraC. Marisol Rivero Herrada. Universidad Técnica Estatal de Quevedo, (UTEQ), Ecuador.
Correo electrónico: mrivero59@gmail.com