

CAMBIOS EN ALGUNAS PROPIEDADES BIOLÓGICAS DEL SUELO SEGÚN EL USO DE LA TIERRA EN EL SECTOR EL CEBOLLAL, ESTADO FALCÓN, VENEZUELA

José Pastor Mogollón¹, Duilio Torres² y Alicia Martínez³

RESUMEN

La actividad biológica puede reflejar el estado de degradación de los suelos y está influenciada por el tipo de uso de la tierra. El objetivo de la presente investigación fue evaluar el impacto de los tipos de uso de la tierra predominantes en el sector El Cebollal, estado Falcón, a partir de la evaluación de variables biológicas. Se evaluaron tres tipos de uso de la tierra: 1) convencional, cultivando melón con prácticas rastro y fertilización química, 2) alternativo, cultivando sábila con prácticas de labranza mínima y manejo orgánico, y 3) un bosque secundario, no alterado por diez años, como patrón de referencia. Se determinó la respiración basal, el carbono de la biomasa microbiana y la actividad ureásica del suelo. El suelo que presentó un mayor estado de degradación fue el tipo de uso convencional, donde se observó menor respiración basal (RB) ($12,29 \mu\text{g C-CO}_2 \text{ g}^{-1} \text{ suelo}\cdot\text{h}^{-1}$), menor biomasa microbiana (C-BM) ($238 \mu\text{g C g}^{-1} \text{ suelo}$), y menor actividad ureásica (AU) ($10,2 \mu\text{g NH}_4 \text{ g}^{-1} \text{ 2h}^{-1}$), en comparación a los suelos del bosque secundario, donde se observaron los mayores valores de RB ($27,16 \mu\text{g C-CO}_2 \text{ g}^{-1} \text{ suelo}\cdot\text{h}^{-1}$), C-BM ($510,5 \mu\text{g C g}^{-1} \text{ suelo}$) y AU ($57,2 \mu\text{g NH}_4 \text{ g}^{-1}\cdot\text{2h}^{-1}$). El sistema alternativo con sábila presentó valores intermedios, con mayor actividad biológica y mayor contenido de materia orgánica que los del sistema convencional.

Palabras clave adicionales: Actividad ureásica, biomasa microbiana, degradación biológica, respiración basal

ABSTRACT

Changes in some biological properties of soils under different land uses in El Cebollal zone, Falcon State, Venezuela

Soil biological activity may reflect the state of soil degradation, and it is influenced by the type of land use. The objective of this research was to evaluate the impact of the predominant types of land use in El Cebollal area, Falcon State, Venezuela, by the quantification of some biological properties. Three kinds of land uses were evaluated: 1) conventional, by growing muskmelon under usual tillage and chemical fertilization, 2) alternative, by growing aloe under minimal tillage and organic management, and 3) a non altered for ten years secondary forest, as a reference soil. The soil basal respiration, soil carbon biomass, and soil urease activity were determined. It was found that muskmelon under conventional management represented the land use with the most degraded soil, showing a lower soil basal respiration ($12.29 \mu\text{g C-CO}_2 \text{ g}^{-1} \text{ suelo}\cdot\text{h}^{-1}$), lower microbial biomass ($238 \mu\text{g C g}^{-1} \text{ soil}$), and lower urease activity ($10.2 \mu\text{g NH}_4 \text{ g}^{-1}\cdot\text{2h}^{-1}$), as compared to the secondary forest, which showed the largest values of soil basal respiration ($27.16 \mu\text{g C-CO}_2 \text{ g}^{-1} \text{ suelo}\cdot\text{h}^{-1}$), soil carbon biomass ($510.5 \mu\text{g C g}^{-1} \text{ soil}$) and urease activity ($57.2 \mu\text{g NH}_4 \text{ g}^{-1}\cdot\text{2h}^{-1}$). The land use with organic aloe showed intermediate values, with greater biological activity and greater organic matter content than the conventional management.

Additional key words: Urease activity, microbial biomass, biological degradation, soil basal respiration

INTRODUCCIÓN

Las regiones áridas y semiáridas comprenden más de la tercera parte de las tierras del mundo. La mayoría de los suelos en esas regiones tienen un alto potencial de fertilidad si son irrigados y se mantiene un balance de nutrientes. No obstante la

irrigación en algunas ocasiones puede llevar a la acumulación de sales solubles, las cuales no sólo provocan un déficit nutricional sino que también bajan el potencial osmótico de la solución del suelo reduciendo la producción de los cultivos (Mass y Hoffman, 1977). La salinidad, además de afectar el crecimiento de los cultivos, puede

Recibido: Abril 4, 2009

Aceptado: Julio 2, 2010

¹ Dpto. de Ciencias Ambientales. Universidad Nacional Experimental Francisco de Miranda. e-mail: jmogollon15@gmail.com

² Dpto. de Química y Suelos, Decanato de Agronomía, Universidad Centroccidental "Lisandro Alvarado" Apdo. 400. Barquisimeto, Venezuela. e-mail: duiliotorres@ucla.edu.ve

³ Instituto Universitario de Tecnología Alonso Gamero. Falcón. Venezuela

ejercer un proceso adverso sobre la microbiota del suelo y sobre los procesos biológicos esenciales que mantienen la calidad del mismo (Mogollón et al., 2001; Pankhurst et al., 2001).

Las áreas de suelo degradadas por problemas de sales y sodio están ampliamente distribuidas en el mundo, pero cobran mayor importancia para el hombre, las ubicadas en las zonas áridas y semiáridas que se han abierto a la agricultura intensiva. En la zona semiárida del estado Falcón, se ha observado en los últimos años un proceso de degradación continua de la tierra, debido a la predominancia de sistemas agrícolas inapropiados (Rodríguez, 2002). Una de las zonas agrícolas más degradadas es el sector conocido como El Cebollal de Coro, que durante la década de 1970 ubicó a Falcón dentro de los tres principales estados productores de hortalizas de pisos bajos a nivel nacional, con rendimientos superiores al promedio nacional (Rodríguez, 2002). Sin embargo, a mediados de la década de 1980, El Cebollal fue relevante no por sus bondades productivas sino por los problemas de salinización de los suelos y agua de riego, como consecuencia del uso indebido de fertilizantes así como también por la sobreutilización de los acuíferos. El producto final fue una drástica disminución de los rendimientos y abandono de las unidades de producción por el avanzado estado de degradación de las tierras (FUDECO, 1988).

En los estudios de fertilidad de suelos se utilizan, generalmente, las propiedades físicas y químicas para determinar la productividad de los mismos, ya que los cambios en el tenor de materia orgánica son muy lentos y se pueden requerir años para poder medir los resultantes de las perturbaciones que produce el hombre (Dick, 1994). Sin embargo, las características biológicas y las actividades enzimáticas son sensibles al estrés ambiental por lo que se pueden considerar apropiadas para estimar la calidad de un suelo (Trasar-Cepeda et al., 1998; Mogollón et al., 2001). La identificación de indicadores que permitan predecir la degradación del recurso suelo resulta fundamental, ya que los grandes problemas agroecológicos pueden ser traducidos en base a criterios que pueden ser medidos. Ya se han publicado para la zona de El Cebollal de la planicie de Coro en el estado Falcón algunos indicadores químicos y físicos de la calidad del suelo (Torres et al., 2006); sin embargo, no

existen datos relacionados a los parámetros biológicos del suelo.

El objetivo de esta investigación fue el de evaluar en la mencionada zona el nivel de degradación biológica del suelo producto del impacto de los tipos de uso de la tierra predominantes en el sector, para lo cual se estudiaron dos unidades de producción (manejo alternativo y manejo convencional), además de una zona de bosque como área de referencia.

MATERIALES Y MÉTODOS

La zona de El Cebollal comprende una superficie de 5.386 ha y está ubicada en las parroquias Santa Ana y San Antonio del municipio Miranda, al norte de la ciudad de Coro en el estado Falcón, Venezuela. La zona presenta una precipitación media anual de 450 mm, evaporación de 3200 mm, temperatura de 27,7 °C y humedad relativa promedio de 74 %. Los suelos pertenecen a la serie El Patillal y presentan textura franco-arenosa, con permeabilidad alta. Las evaluaciones realizadas en el área de estudio mostraron un pH que varió entre 7,37 y 8,32, conductividad eléctrica entre 0,42 y 2,55 dS·m⁻¹ y contenido de carbono orgánico entre 0,38 y 2,17 %.

Para el estudio se adoptó la misma metodología de trabajo utilizada previamente por Torres et al. (2006), mediante la selección de las siguientes tres áreas: 1) Sistema convencional, consistente en una unidad de producción de melón con labranza mecanizada y fertilización química, 2) Sistema alternativo, correspondiente a una unidad de producción de sábila con manejo orgánico y labranza mínima, y 3) Sistema natural, consistente en un área de bosque secundario sin uso durante 10 años, sin alteración por actividades agrícolas.

El estudio fue de carácter cuasi-experimental, y se evaluó como un diseño completamente aleatorio, con los tipos de uso de la tierra como tratamientos (sistemas de explotación). De cada uno de ellos se obtuvieron diez muestras (repeticiones) en los primeros 20 cm de suelo, utilizando la metodología de transectas en cuadrículas, donde los puntos de intersección (cada 50 m, aproximadamente) correspondieron a los sitios de muestreo. El mismo se realizó en julio del 2008, que correspondió a la época de lluvias

para la zona de estudio.

Se evaluó la respiración basal del suelo (RB), el carbono de la biomasa microbiana (C-BM) y la actividad ureásica (AU). La RB, definida como la respiración del suelo sin la adición de sustratos orgánicos y que es ampliamente utilizada para determinar la actividad microbiana y el estado de la MO del suelo (Anderson, 1982; Sánchez et al., 2005), fue determinada mediante la incubación del suelo a 28 °C por 4 horas y captura del CO₂ producido durante este tiempo en un vial con NaOH, el cual se titula luego con HCl. La tasa de respiración se obtuvo mediante el cociente entre el C-CO₂ emitido y el tiempo de la prueba (Alef y Nannipieri, 1995). El C-BM, referido al carbono contenido en los microorganismos presentes en el suelo (Unigarro et al., 2005) y cuya medida es un procedimiento básico para los estudios ecológicos del suelo (Sánchez et al., 2005), se determinó por el método de la respiración inducida por sustrato (Anderson y Domsch, 1978). Para ello, se estimuló la respiración de los microorganismos durante la incubación al adicionarle glucosa (sustrato fácilmente degradable) al suelo, y se determinó el C-CO₂ producido siguiendo la misma metodología indicada en el párrafo anterior. La AU se midió a través del método de Kandeler y

Gerber (1988), mediante la determinación del amonio liberado al incubar el suelo utilizando urea como sustrato. Los resultados fueron examinados mediante análisis de varianza y prueba de medias de Tukey, utilizando el programa InfoStat versión 1.1. Así mismo, se realizó un análisis de correlación de estas variables con el carbono orgánico, pH y conductividad eléctrica del suelo para observar el grado de asociación entre variables biológicas y químicas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Respiración basal: En el Cuadro 1, se observan los valores de la respiración basal del suelo para los tipos de uso de la tierra evaluados. Estos valores variaron entre 12,29 µg C-CO₂ g⁻¹ suelo·h⁻¹ en el sistema convencional con melón, y 16,82 µg C-CO₂ g⁻¹ suelo·h⁻¹ en el sistema alternativo de sábila con fertilización orgánica, existiendo diferencias significativas entre las tasas de respiración basal en los diferentes sitios estudiados. Los valores más altos de RB se encontraron en la parcela bajo bosque (27,16 µg C-CO₂ g⁻¹ suelo·h⁻¹), lo cual indica que existe en esta zona una mayor actividad de los microorganismos del suelo.

Cuadro 1. Valores de respiración basal, carbono de la biomasa microbiana y actividad ureásica en suelos del sector El Cebollal bajo tres sistemas según el tipo de uso de la tierra

Sistema	Variables biológicas del suelo		
	RB (µg C-CO ₂ g ⁻¹ suelo·h ⁻¹)	C-BM (µg C g ⁻¹ suelo)	AU (µg NH ₄ g ⁻¹ ·2h ⁻¹)
Convencional	12,29 c	238,0 c	10,21 c
Alternativo	16,82 b	379,4 b	25,02 b
Natural	27,16 a	510,5 a	57,22 a

Letras diferentes indican diferencias significativas para P≤0,05 según la prueba de Tukey

Los menores valores de emisión de CO₂ encontrados en el sistema convencional con melón podrían ser atribuidos a los mayores niveles de salinidad en este sistema, que de alguna manera influyen en la inhibición de la descomposición de la materia orgánica del suelo, tal como lo señalan Qadir et al. (2003), y Nelson et al. (1996).

Por otra parte, los mayores de RB observados en el suelo bajo bosque están relacionados a los mayores valores de CO del suelo (Cuadro 1). Algunos autores han señalado el efecto positivo de la materia orgánica del suelo sobre la actividad de los microorganismos del suelo. En este sentido,

Sánchez et al. (2005), encontraron una RB más alta en suelos con mayor contenido de CO, indicando que niveles más altos de CO se traduce en una mayor fuente de energía y de nutrientes para los microorganismos, lo cual contribuye a su desarrollo y a una actividad microbiológica más alta, que se refleja en una mayor producción de CO₂. Se encontró una correlación positiva y significativa entre la RB y el contenido de CO en los suelos estudiados (r=0,88; P≤0,05), lo que indica que mientras más alto es el contenido de CO₂, mayor es la actividad microbiológica en la zona.

Carbono de la biomasa microbiana: En esta variable se presentaron diferencias altamente significativas entre los sistemas de uso de la tierra evaluados (Cuadro 1). Los valores más bajos se encontraron en los suelos bajo manejo convencional con melón; el sistema alternativo de sábila con fertilización orgánica presentó valores intermedios, lo cual refleja una recuperación de la biomasa microbiana del suelo bajo este sistema, en comparación a los suelos de la parcela de bosque que presentaron los valores más altos de carbono de la biomasa microbiana del suelo.

Igualmente, esto se corresponde con los

mayores valores de CO, por lo que se puede señalar que existe una correlación positiva y significativa entre el C-BM y el CO del suelo (Cuadro 2). Se encontró un efecto detrimental entre la salinidad del suelo (CE y pH) y el C-BM, lo cual concuerda con los resultados de Rietz y Haynes (2003), quienes señalan que los suelos con problemas de degradación química por altos contenidos de sales, pueden llegar a presentar problemas de degradación biológica manifestado en una disminución de la biomasa microbiana, y de la actividad biológica en general del suelo.

Cuadro 2. Coeficientes de correlación de Pearson (r) entre las variables químicas del suelo (CO, CE y pH) y las variables biológicas estudiadas (RB, C-BM y AU) en suelos del sector El Cebollal bajo tres tipos de uso de la tierra. Las correlaciones ($n=30$) fueron calculadas tomando 10 muestras de cada tipo de uso de la tierra. *: $P \leq 0,05$

	RB ($\mu\text{g C-CO}_2 \text{ g}^{-1} \cdot \text{suelo} \cdot \text{h}^{-1}$)	C-BM ($\mu\text{g C} \cdot \text{g}^{-1} \text{ suelo}$)	AU ($\mu\text{g NH}_4 \cdot \text{g}^{-1} \cdot 2\text{h}^{-1}$)
CO (%)	0,88*	0,81*	0,92*
CE ($\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$)	-0,62*	-0,73*	-0,74*
pH	-0,75*	-0,75*	-0,79*

Algunos autores han encontrado una reducción tanto en la tasa de respiración (Laura, 1974), como en la biomasa microbiana (Carter, 1986), en suelos salinizados, lo cual es atribuido a los cambios en la presión osmótica del protoplasma de las células microbianas, producto de la alta concentración salina encontrada en la cercanía de las células. La relación entre el crecimiento microbiano y la presión osmótica es básicamente un reflejo de la inhibición de ciertos procesos bioquímicos, por la alta concentración de solutos celulares (Okur, 2002).

El carbono contenido en la biomasa microbiana del suelo (C-BM) ha sido utilizado como un indicador de cambios ocurridos en el ambiente edáfico producto de la aplicación de diferentes sistemas de rotación de cultivos (Bending et al., 2000; Landgraf y Klose, 2002). Estos trabajos confluyen al indicar que el C-BM resulta ser un indicador del impacto de sistemas de cultivo altamente intensivos sobre los niveles de materia orgánica del suelo, y mucho más importante aún, sobre la calidad de esta materia orgánica como sustrato.

Actividad ureásica del suelo: Los valores más altos de la actividad ureásica (AU) (Cuadro 1) se

encontraron en el suelo bajo bosque, y los valores más bajos, en los suelos bajo manejo convencional con melón. Los valores intermedios, en el sistema alternativo de sábila con fertilización orgánica, corroborando que en este sistema existe una franca recuperación de la fertilidad biológica de los suelos.

Estos resultados, sugieren que hay una alta correspondencia de la AU con los valores de CO para cada uno de los sitios evaluados (Cuadro 2). Similares resultados han sido reportados por algunos autores (Mogollón y Tremont, 2002; Marinari et al., 2000, tanto en ecosistemas naturales como en agroecosistemas). Cookson y Lepiece (1996) indican que la actividad ureasa en regiones áridas está asociada con altos niveles de materia orgánica en el suelo.

La concentración salina es un factor importante que puede cambiar la actividad enzimática del suelo, disminuyéndola. En este sentido, Khan et al. (1999) señalan que el incremento en la salinidad disminuye las poblaciones microbianas, y en consecuencia, la actividad enzimática. En este trabajo se encontró una relación negativa y significativa entre la actividad ureásica del suelo y la conductividad eléctrica ($AU = 51,32 - 16,29*$

CE; $r = -0,74$; $P \leq 0,05$).

La actividad enzimática del suelo se puede utilizar como “sensor” de la degradación del suelo, e incluso para evaluar la calidad del mismo (Sardans y Peñuelas, 2004). Paolini (2003) indica que, la actividad ureásica es afectada por la naturaleza de la cobertura vegetal y aquellos suelos que soportan densas poblaciones vegetales, tienden a presentar altos niveles de actividad enzimática. En un estudio llevado a cabo por Albanesi et al (2001), se encontró que la actividad ureásica se incrementó con el aumento de la incorporación de residuos orgánicos al suelo, o la disminución de las labranzas, sugiriendo que un exceso en la hidrólisis enzimática puede generar pérdidas por volatilización para el sistema.

CONCLUSIONES

El tipo de uso de la tierra bajo manejo convencional mostró los mayores problemas de degradación biológica del suelo al presentar una drástica reducción en respiración basal, carbono de la biomasa microbiana, y actividad ureásica. Esto está relacionado a la disminución en los niveles del carbono orgánico del suelo encontrado en este sistema de manejo convencional, donde se encontró una reducción de la materia orgánica del suelo, en el orden del 82% en relación al sistema control (bosque). El manejo alternativo con sábila orgánica presentó condiciones de suelo intermedias entre el sistema convencional con melón y el bosque natural.

LITERATURA CITADA

- Albanesi, A., A. Anriquez y A. Polo Sánchez. 2001. Efectos de la agricultura convencional en algunas formas del N en una toposecuencia de la Región Chaqueña, Argentina. *Agriscientia*. 18: 3-11.
- Alef, K. y P. Nannipieri. 1995. *Methods in Applied Soil Microbiology and Biochemistry*. Academic Press. San Diego.
- Anderson, J.P. 1982. Soil respiration. *In*: A.L. Page y R.H. Millar (eds.). *Methods of Soil Analysis, Part 2, Chemical and Microbiological Properties*. American Society of Agronomy. Madison, WI. pp. 831-871.
- Anderson, J.P. y K.H. Domsch. 1978. A physiological method for the quantitative measurement of microbial biomass in soil. *Soil. Biol. Biochem.* 10: 215-221.
- Bending, G., C. Putland y F. Rayns. 2000. Changes in microbial community metabolism and labile organic matter fractions as early indicators of the impact of management on soil biological quality. *Biol. Fertil. Soils* 31: 78-84.
- Carter, M.R. 1986. Microbial biomass and mineralizable nitrogen in solonchic soils: influence of gypsum and lime amendments. *Soil Biol. Biochem.* 6: 69-70.
- Cookson, P. y G.L. Lepiece. 1996. Urease enzyme activity of soils of the Batinah region of Sultanate of Oman. *J. Arid Environments* 32: 225-238.
- Dick, R.P. 1994. Soil enzyme activities as indicators of soil quality. *In*: Doran et al. (eds.). *Defining Soil Quality for a Sustainable Environment*. Publication 35. Soil Sci. Soc. Amer. Madison, WI. pp. 107-124.
- FUDECO. 1988. Informe sobre la factibilidad social para la puesta en funcionamiento del centro de acopio “El Cebollal”. Fundación para el Desarrollo de la Región Centro Occidental. Barquisimeto, Venezuela. 36 p.
- Kandeler, E. y H. Gerber. 1988. Short-term assay of soil urease activity using colorimetric determination of ammonium. *Biol. Fertil. Soils*. 6: 68-72.
- Khan, K.M., K. Rehman, M. Kanwal, U. Rafiq, y H. Ghani. 1999. Comparative enzymatic studies on soils under cultivation of wheat and sugarcane. *International Journal of Agriculture and Biology* 3: 133-135.
- Landgraf, D. y S. Klose. 2002. Mobile and readily available C and N fractions and their relationship to microbial biomass and selected enzyme activities in a sandy soil under different management systems. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 165: 9-16.

13. Laura, R.D. 1974. Effects of neutral salts on carbon and nitrogen mineralization of organic matter in soil. *Plant Soil* 41: 113-127.
14. Maas E.V y G.J. Hoffman. 1977. Crop salt tolerance-current assesment. *J. Irrig. Drain. Div.* 103: 115-134.
15. Marinari, S., G. Masciandaro, B. Ceccanti y S. Grego. 2000. Influence of organic and mineral fertilizers on soil biological and physical properties. *Bio Resource Tech.* 72: 9-17.
16. Mogollón, J.P. y O. Tremont. 2002. Efecto del cambio de uso de la tierra sobre la actividad ureásica en agroecosistemas cafetaleros del estado Falcón. *Croizatia* 3: 16-25.
17. Mogollón, J.P., O. Tremont y N. Rodríguez. 2001. Efecto del uso de un vermicompost sobre las propiedades biológicas y químicas de suelos degradados por sales. *Venesuelos* 9: 48-56.
18. Nelson P.N., J.N. Ladd y J.M. Oades. 1996. Decomposition of ¹⁴C-labelled plant material in a salt affected soil. *Soil Biol. Biochem.* 28: 433-441.
19. Okur, N. 2002. Response of soil biological and biochemical activity to salination. *Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg.* 39: 87-93.
20. Pankhurst C., S. Yu, B. Hawke y B. Harch. 2001. Capacity of fatty acid profiles and substrate utilization patterns to describe differences in soil microbial communities associated with increased salinity or alkalinity at three locations in South Australia. *Biol. Fertil. Soils.* 32: 204-217.
21. Paolini, J. 2003. Las enzimas del suelo y su aplicación en la caracterización bioquímica de sitios. <http://biblioteca.ivic.ve/bases/index00s>. (consulta del 23/01/2003).
22. Qadir, M., D. Steffens, F. Yan y S. Schubert. 2003. Proton release by N₂-fixing plant roots: A possible contribution to phytoremediation of calcareous soils. *J. Plant Nutr.* 166: 14-22.
23. Rietz, D. y R. Haynes. 2003. Effects of irrigation-induced salinity and sodicity on soil microbial activity. *Soil Biol Biochem* 35: 845-854.
24. Rodríguez, N. 2002. Identificación de indicadores de sostenibilidad para los tipos de uso de la tierra en las series El Patillal y San Isidro de la llanura de Coro. Tesis. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. Maracay. 96 p.
25. Sánchez, B., M. Ruiz y M. Ríos. 2005. Materia orgánica y actividad biológica del suelo en relación con la altitud en la cuenca del río Maracay, estado Aragua. *Agronomía Tropical.* 55: 507-534.
26. Sardans, J. y J. Peñuelas. 2004. Drought decreases soil enzyme activity in a Mediterranean *Quercus ilex* L. forest. *Soil Biol. Biochem.* 37: 455-461.
27. Torres, D., R. Nectalí, H. Yendis, A. Florentino y F. Zamora. 2006. Cambios en algunas propiedades químicas del suelo según el uso de la tierra en el sector El Cebollal, estado Falcón. *Bioagro* 18: 123-128.
28. Trasar-Cepeda, C., C. Leirós, F. Gil-Sotres y S. Seoane. 1998. Towards a biochemical quality index for soils: An expression relating several biological and biochemical properties. *Biol. Fertil. Soils* 26: 100-106.
29. Unigarro, A., H. Burbano y M. Sánchez. 2005. Evaluación de la calidad de suelos Dystric Cryandept en el Santuario de Flora y Fauna Galeras, Nariño. *Acta Agronómica* 54: 7-12.