

Atributos biológicos de dos suelos de Quibor con aplicación de abono orgánico y soluciones salinas*

Biological attributes of two Quibor soils with addition of organic fertilizer and salt solutions

Betty Mendoza^{1§}, Adriana Florentino², Rosa Mary Hernández-Hernández³, Juan Aciego², Duilio Torres¹ y Elena Vera¹

¹Departamento de Química y Suelos, Unidad de Investigación en Suelos y Nutrición Mineral de Plantas (UISNMP). Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado (UCLA), Redoma de Agua Viva, Núcleo Tarabana, edificio La Colina. A. P. 3101. Venezuela. Tel. 00582512592308. (duiliorres@ucla.edu.ve); (evera@ucla.edu.ve). ²Instituto de Edafología. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. Sector El Limón, Maracay, Venezuela. A. P. 4579. (florentino@agr.ucv.ve); (aciegoj@agr.ucv.ve). ³Instituto de Estudios Científicos y Tecnológicos IDECYT. Universidad Nacional Experimental Simón Rodríguez. Centro de Estudios para el Desarrollo Agroecológico Tropical. Laboratorio de Biogeoquímica Av. Mara Altos del Cuji. Municipio los Salias San Antonio Estado Miranda, Venezuela. A. P. 47925 (rosa.hernandez@unesr.edu.ve). [§]Autora para correspondencia: bmendoza@ucla.edu.ve.

Resumen

La evaluación del efecto de la aplicación de abono orgánico y soluciones salinas sobre los atributos biológicos de suelos de Quibor estado Lara, Venezuela, uno bajo manejo convencional (CV) y otro bajo manejo conservacionista (CS), se realizó mediante un ensayo de invernadero. Se utilizaron tres dosis de materia orgánica (MO): 0, 15 y 30 Mg ha⁻¹ y cuatro soluciones de riego (SR): testigo con agua (T), sulfato de calcio (SC), cloruro de sodio (CN) y la mezcla de sulfato de calcio con cloruro de sodio (ME) con tres muestreos en el tiempo, a los 32, 75 y 120 días después del trasplante (DDT). Se determinaron los atributos biológicos, respiración basal (C-CO₂), carbono de la biomasa microbiana (CBm) y cociente metabólico (qCO₂). El estudio demostró que C-CO₂ en CV fue afectada de manera independiente por la MO y SR, aumentando significativamente con la MO aplicada (261 µg C-CO₂ g⁻¹ suelo 10 día⁻¹), y disminuyendo con CN (214 µg C-CO₂ g⁻¹ suelo 10 día⁻¹); el qCO₂ afectado por la interacción del tiempo con las SR fue mayor con agua de chorro a los 32 DDT (421 mg C-CO₂ g⁻¹ CBm día⁻¹) y a los 120 DDT fue mayor con CN (683 mg C-CO₂ g⁻¹ CBm día⁻¹). El CBm en CV y todos los atributos biológicos en CS fueron afectados por la interacción dosis de MO y SR, esta interacción a su vez fue influenciada por el tiempo. El C-CO₂ y CBm fueron mayores en CS con respecto a CV.

Abstract

The evaluation of the effect that applying organic fertilizer and salt solutions had on the biological attributes of two soils of Quibor, in the state of Lara, Venezuela, one under conventional management (CM) and another under conservation management (CS), was done using a greenhouse trial. Three doses of organic matter (OM) were used: 0, 15 and 30 Mg ha⁻¹, and four irrigation solutions (IS): control with water (T), calcium sulfate (CS), sodium chloride (CN) and a mixture of calcium sulfate with sodium chloride (ME); three samplings were done at different moments, 32, 75 and 120 days after transplantation (DAT). The biological attributes were determined: basal respiration (C-CO₂), microbial biomass carbon (MBC) and metabolic quotient (qCO₂). The study showed that in the CM soil C-CO₂ was affected independently by OM and IS, significantly increasing when OM was applied (261 µg C-CO₂ g⁻¹ soil 10 days⁻¹), and decreasing with CN (214 µg C-CO₂ g⁻¹ soil 10 day⁻¹); the qCO₂ affected by the interaction of time with the IS was higher with tap water at 32 DAT (421 mg C-CO₂ g⁻¹ CBm day⁻¹), while at 120 DAT it was higher with CN (683 mg C-CO₂ g⁻¹ CBm day⁻¹). The CBm in the CM soil, and all biological attributes in the CS soil were affected by the interaction of OM dose with IS; this interaction in turn was influenced by time. The C-CO₂ and the CBm were higher in CS compared with CM.

* Recibido: julio de 2012
Aceptado: febrero de 2013

Palabras clave: actividad biológica, materia orgánica, sales.

Key words: biological activity, organic matter, salts.

Introducción

La depresión de Quibor en Venezuela representa un área agrícola fundamental como primer productor de cebolla (68.5%), segundo de tomate (16.9%) y cuarto de pimentón (9.88%) (FUDECO, 2004). Sin embargo, las condiciones semiáridas y las limitaciones de drenaje favorecen el proceso natural de salinización. Adicionalmente, la extensión e intensificación de la actividad agrícola ha conducido a la sobre-explotación de los acuíferos en los últimos 30 años, provocando el abatimiento de los niveles estáticos y la elevación de la CE del agua (SHYQCA, 2003), con el consiguiente aumento de los riesgos de salinización de los suelos.

A diferencia de los atributos físicos y químicos del suelo, los atributos biológicos relacionados con la salinidad han sido poco estudiados en la zona agrícola de Quibor, aun cuando algunos estudios han demostrado que la salinidad afecta negativamente la biomasa microbiana (Rietz y Haynes, 2003; Tripathi, *et al.*, 2006); la salinidad inhibe pero la sodicidad incrementa la descomposición de la materia orgánica del suelo (Laura, 1976; McCormick y Wolf, 1980; Pathak y Rao, 1998). Contrariamente, Nelson *et al.* (1997) encontraron que la descomposición de residuos de maíz disminuyó con alta sodicidad. Dada la aplicación de materia orgánica como práctica de manejo para mejorar las condiciones del suelo y la vulnerabilidad de estos suelos a problemas de salinidad, este trabajo tuvo como propósito evaluar el efecto de la interacción materia orgánica y salinidad del agua de riego sobre los atributos biológicos de dos suelos de Quibor, considerando que esto podría estar afectando la acción de la MO sobre el suelo.

Materiales y métodos

Descripción del área de estudio

La investigación fue conducida en el invernadero de Fertilidad de Suelos de la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela (Maracay, estado Aragua), bajo condiciones controladas. Se utilizaron

Introduction

The Quibor Depression in Venezuela is a major agricultural area, the world leading producer of onions (68.5%), the second major producer of tomato (16.9%) and the fourth of paprika (9.88%) (FUDECO, 2004). However, the semi-arid conditions and limited drainage favor the natural process of salinization. Additionally, the extension and intensification of agriculture has led to over-exploitation of groundwater in the past 30 years, resulting in the lowering of static levels and the elevation of the water EC (SHYQCA, 2003), and the accompanying increased risk of soil salinization.

Unlike physical and chemical attributes of the soil, the biological attributes related to salinity have been little studied in the agricultural zone of Quibor, although some studies have shown that salinity negatively affects the microbial biomass (Rietz and Haynes, 2003; Tripathi *et al.*, 2006); salinity inhibits, but sodicity increases, the decomposition of soil organic matter (Laura, 1976; McCormick and Wolf, 1980; Pathak and Rao, 1998). Conversely, Nelson *et al.* (1997) found that the decomposition of corn residues decreased with high sodicity. Considering that the addition of organic matter is a management practice for improving soil conditions, and considering also the vulnerability of these soils to salinity problems, this study was aimed to evaluate the effect of the interaction of organic matter with irrigation water salinity on the biological attributes of two soils in Quibor.

Materials and methods

Description of the study area

The research was conducted in the Soil Fertility greenhouse of the Faculty of Agronomy of the Universidad Central de Venezuela (Maracay, Aragua state), under controlled conditions. Altered soil samples (from 0 to 20 cm deep) from the conventionally managed (CM) and the conservatively managed (CS) soils were used. Two areas under agricultural management were selected, both belonging to the Quibor soil series, the reported representative soil of which is a

muestras alteradas de suelo provenientes del sistema convencional (CV) y del sistema conservacionista (CS), de 0 - 20 cm de profundidad. Para ello Se seleccionaron dos áreas bajo manejo agrícola, ambas pertenecientes a la serie de suelo Quíbor y cuyo suelo representativo es reportado como un Typic Haplocambids arcilloso fino, isohipertérmico, mixto, calcáreo (Pérez *et al.*, 1995). Los suelos se ubicaron en la hacienda "El Caujaral" bajo las coordenadas 0433401 E 1099654 N a 677 msnm y 0432640 E 1099035 N 683 msnm para el manejo convencional (cebolla) y conservacionista (pasto) respectivamente.

El sistema CV, sigue un esquema de siembra en rotación: maíz dulce (*Zea mays*) -cebolla (*Allium cepa* L.) -tomate (*Lycopersicon esculentum*) o maíz dulce - cebolla, permitiendo un tiempo de descanso del suelo de 6 a 10 meses entre cosecha; preparación de tierra convencional, control químico de plagas y enfermedades y fertilización, también se aplican de 15 a 20 Mg ha⁻¹ de enmiendas orgánicas (compost), en forma fraccionada: 50% se incorpora antes de la siembra y el resto durante el ciclo de cultivo, esto se repite para cada cultivo de la rotación.

Muestreo y caracterización del suelo

Las muestras se secaron al aire y fueron pasadas por un tamiz de 4 mm, estas fueron divididas en dos para análisis químico y biológico respectivamente. Las muestras para análisis biológico, fueron colocadas en bolsas de polietileno previamente identificadas, y guardadas bajo refrigeración a 4 °C presentando las siguientes características: el suelo CV presentó textura FAL; con predominio de calcio disponible (2 408 mg kg⁻¹); pH_(1:1) 7.39 y CE de 7.26 en el extracto de saturación, el catión predominante es el calcio con 52.3 mmolc L⁻¹ y el anión predominante el sulfato 33.4 mmolc L⁻¹; en el suelo CS la textura es franca, predomina el calcio disponible, pH_(1:1) 7.19 y CE de 2.24 a diferencia del suelo anterior aquí predominan los cationes sodio y potasio con valores de 7.91 y 7.24 mmolc L⁻¹ respectivamente, y el anión predominante es el sulfato con 18.5 mmolc L⁻¹.

Material vegetal

En el experimento se utilizó, como cultivo indicador, la cebolla híbrido Diainter Americana, sembrándose la semilla en bandejas con sustratos y trasplantando luego las plántulas a los 40 días de la siembra.

fine clayey Typic Haplocambids, isohyperthermic, mixed, calcareous (Pérez *et al.*, 1995). The soils were located on the "El Caujaral" plantation, coordinates 0433401 E, 1099654 N at 677 masl, and 0432640 E 1099035 N at 683 masl for conventional (onion) and conservation (grass) management, respectively.

The CM system follows a rotation planting scheme: sweet corn (*Zea mays*)-onion (*Allium cepa* L.)-tomato (*Lycopersicon esculentum*), or sweet corn-onion, allowing the soil to rest for 6 to 10 months between harvests; it also involves conventional soil preparation, chemical control of pests and diseases, and fertilization; 15 to 20 Mg ha⁻¹ of organic amendments (compost) are also added in fractions: 50% is incorporated before planting and the rest during the cultivation cycle; this is repeated for each crop rotation.

Soil sampling and characterization

The samples were air dried and were passed through a 4 mm sieve; they were divided into two parts, one for chemical and one for biological analysis. The samples for biological analysis were placed in previously labeled polyethylene bags and kept under refrigeration at 4 °C; they presented the following characteristics: the CM soil presented a FAL texture, with plenty of available calcium (2 408 mg kg⁻¹); the pH_(1:1) is 7.39 and the EC 7.26 in the saturation extract; the predominant cation is calcium with 52.3 mmolc L⁻¹, and the predominant anion is sulfate with 33.4 L⁻¹; the texture of the CS soil is open, available calcium abounds, the pH_(1:1) is 7.19 and the EC 2.24; unlike the previous soil here sodium and potassium cations predominate with values of 7.91 and 7.24 mmolc L⁻¹, respectively; the predominant anion is sulfate with 18.5 L⁻¹ mmolc.

Plant material

Hybrid onion American Diainter was used as indicator crop for the experiment; the seed was planted in trays with substrates and the seedlings transplanted 40 days after planting.

Fertilization

Fertilization was done according to the fertilization plan used for growing onions in the farm "El Caujaral": diammonium phosphate at 600 kg ha⁻¹, ammonium sulfate at 1 500 kg ha⁻¹ and sulfomag at 300 kg ha⁻¹. Compost produced in the farm

Fertilización

La fertilización se realizó de acuerdo al plan de fertilización aplicado en la hacienda "El Caujalar" para el cultivo de la cebolla: fosfato diamónico a razón de 600 kg ha⁻¹, sulfato de amonio 1 500 kg ha⁻¹ y sulfomag 300 kg ha⁻¹. Para los tratamientos de incorporación de MO se utilizó el compost producido en la hacienda "El Caujalar", a partir de estiércol de gallina (55%), estiércol bovino (40%), estiércol de caballo (5%) y polienzimas (500 g 2 000 L⁻¹) con un tiempo de maduración de alrededor de 2 meses y medio. EL compost se pasó a través de un tamiz de 4 mm, y se aplicó en los tratamientos correspondientes a razón de 15 y 30 Mg ha⁻¹. El compost se caracterizó por un alto contenido de carbono orgánico total: 143 g kg⁻¹; nitrógeno total: 18.6 mg kg⁻¹; fósforo: 23.3 mg kg⁻¹; potasio: 24.3 mg kg⁻¹; ácidos húmicos: 33.1 g kg⁻¹; fúlvicos: 1.5 g kg⁻¹; sustancias no húmicas: 2.4 g kg⁻¹; alto contenido de sales: CE 13.35 dS m⁻¹ y pH ligeramente alcalino: 7.59.

Soluciones de riego

Las sales predominantes en las aguas subterráneas eran bicarbonato de calcio, sulfato de calcio, sulfato de magnesio, cloruro de sodio y cloruro de magnesio (Villafañe *et al.*, 1999); en base a ello se decidió trabajar con las siguientes SR: 1- CaSO₄ 0.018 M; 2- NaCl 0.018 M; 3- solución con 50% CaSO₄ + 50% NaCl; Concentraciones a las cuales estas tres soluciones tienen un valor de CE entre 2.17 y 2.27 dS m⁻¹; y 4- Un testigo regado con agua de chorro con CE de 0.20 dS m⁻¹.

Diseño experimental

Se utilizó un diseño totalmente aleatorizado con un arreglo factorial de tratamientos con dos factores: dosis de MO: 1- testigo (sin aplicación de compost); 2- 15 Mg de compost ha⁻¹; 3- 30 Mg de compost ha⁻¹ solución de riego (SR): 1- testigo, con agua de chorro (T); 2- sulfato de calcio (SCa); 3- cloruro de sodio (CSo); 4- sulfato de calcio más cloruro de sodio (ME). Esto generó 12 combinaciones de tratamientos las cuales se repitieron 3 veces, dando un total de 36 unidades experimentales. Este arreglo factorial fue evaluado en el tiempo, a través de 3 fechas de muestreo; para 36 unidades experimentales, las cuales fueron replicadas tres veces para un total 108 unidades experimentales por cada área de suelo; es decir, 216 en total.

"El Caujalar" was used for the OM incorporation treatment; the compost was made from chicken manure (55%), cattle manure (40%), horse manure (5%) and polyenzymes (500 g 2 000 L⁻¹), with a maturation period of about 2 months. The compost was passed through a 4 mm sieve and applied in the respective treatments at 15 and 30 Mg ha⁻¹. The compost was characterized by a high total organic carbon content: 143 g kg⁻¹; total nitrogen: 18.6 mg kg⁻¹; phosphorus: 23.3 mg kg⁻¹; potassium: 24.3 mg kg⁻¹; humic acids: 33.1 g kg⁻¹; fulvic acids: 1.5 g kg⁻¹; non-humic substances: 2.4 g kg⁻¹; high salt content: 13.35 EC dS m⁻¹, and slightly alkaline pH: 7.59.

Irrigation solutions

The predominant salts in the groundwater were calcium bicarbonate, calcium sulfate, magnesium sulfate, sodium chloride and magnesium chloride (Villafañe *et al.*, 1999); on this basis, it was decided to work with the following IS: 1-CaSO₄ 0.018 M; 2-NaCl 0.018 M; 3- solution with 50% CaSO₄ + 50% NaCl; concentrations at which these three solutions have an EC value of between 2.17 and 2.27 dS m⁻¹; and 4- a control watered with tap water with an EC of 0.20 dS m⁻¹.

Experimental design

A completely randomized design was used, with a factorial arrangement of treatments with two factors: dose of OM: 1 - control (without compost addition); 2- 15 Mg of compost ha⁻¹; 3- 30 Mg of compost ha⁻¹ irrigation solution (IS): 1 - control, with tap water (T); 2 - calcium sulfate (SCA); 3 - sodium chloride (CSo); 4 - calcium sulfate plus sodium chloride (ME). This generated 12 combinations of treatments which were repeated 3 times, giving a total of 36 experimental units. This factorial arrangement was evaluated over time, through three sampling dates, for the 36 experimental units, which were replicated three times for a total of 108 experimental units per soil area, i.e. 216 in total.

Physico-chemical analyses of soil

The determination of pH and EC was made in the saturation extract by the potentiometric and conductivity methods, respectively. Organic carbon (CO) was determined by the modified method of oxidation of organic matter of Walkey and Black by the Colombian Agricultural Institute (ICA, 1989). Total nitrogen (TN) was determined by the method of Bremner (1996).

Análisis físico-químicos del suelo

La determinación de pH y CE se hizo en el extracto de saturación por el método potenciométrico y conductímetro respectivamente. El carbono orgánico (CO) se determinó por el método de oxidación de la materia orgánica de Walkley y Black modificado, por el Instituto Agropecuario Colombiano (ICA, 1989). El nitrógeno total (NT) se determinó por la metodología de Bremner (1996).

Análisis biológicos del suelo

La respiración basal (C-CO₂) se efectuó de acuerdo al método descrito por Alef (1995), midiendo el CO₂ liberado mediante la utilización de una trampa con álcali. Igualmente, se determinó el contenido de carbono proveniente de la biomasa microbiana (CBm) mediante el método de fumigación-extracción modificado de Vance *et al.* (1987).

Análisis estadístico de los resultados

El efecto de la materia orgánica, soluciones de riego y época de muestreo sobre las variables estudiadas se determinó mediante análisis de varianza (ANAVAR) y pruebas de media de la diferencia honestamente significativa de Tukey a un nivel de $p=0.05$. Todos los datos fueron analizados utilizando el paquete estadístico INFOSTAT Versión 1.1 (2002).

Resultados y discusión

Cambio en los atributos biológicos del suelo bajo manejo convencional

Respiración basal. El C-CO₂, fue afectado por los factores MO y SR. Este aumentó significativamente en la medida que incrementó la dosis de MO aplicada al suelo (Cuadro 1), debido a que la incorporación de enmiendas orgánicas provee carbono orgánico para la síntesis celular y fuente de energía para los microorganismos y nitrógeno orgánico para la asimilación del carbono tanto del nativo como del contenido en el abono. Estos resultados son similares a los obtenidos por Rao y Pathak (1996) quienes encontraron que la incorporación de abono verde de *Sesbania cannabina* en suelos franco arenosos salinos de la India incrementó la tasa de respiración.

Biological analyses of soil

Basal respiration (C-CO₂) was determined according to the method described by Alef (1995), using an alkali trap for measuring liberated CO₂. Similarly, carbon content from the microbial biomass (CBm) was determined by the modified fumigation-extraction method of Vance *et al.* (1987).

Statistical analysis of the results

The effect of organic matter, irrigation solutions and sampling time on the studied variables was determined by analysis of variance (ANOVA) and mean tests using Tukey's honestly significant difference test at a level of $p=0.05$. All data were analyzed using the Statistical Package INFOSTAT Version 1.1 (2002).

Results and discussion

Changes in the biological attributes of soil under conventional management

Basal respiration. The C-CO₂ was affected by the OM and IS factors. It significantly increased as the OM dose added to the soil increased (Table 1), because the addition of organic amendments provides organic carbon for cell synthesis, an energy source for microorganisms, and organic nitrogen for the assimilation of both native carbon and carbon within the compost. These results are similar to those obtained by Rao and Pathak (1996) who found that the incorporation of *Sesbania cannabina* green compost into saline sandy loam soils of India increased the respiration rate.

Regarding the IS, basal respiration in the control was statistically higher than that obtained with CSo, and statistically similar to that found with SCa and the mixture of both, which in turn were statistically equal to that of the soil with CSo (Table 2). In line with these results, García and Hernández (1996) reported that salinity had a negative effect on microbial respiration, especially when NaCl was the salt responsible for salinity; however, when the concentration of Na₂SO₄ produced a CE > 3 dS m⁻¹, the salt produced no negative effect on biological activity, possibly due to an adaptation of the microorganisms to the environment.

Cuadro 1. Efecto de tres dosis de materia orgánica sobre la respiración basal de un suelo sometido a manejo convencional (sembrado con cebolla), con aplicación de diferentes soluciones de riego.

Table 1. Effect of three doses of organic matter on the basal respiration of a soil subjected to conventional management (planted with onions), with addition of different irrigation solutions.

Materia Orgánica (Mg ha ⁻¹)	µg C-CO ₂ g ⁻¹ suelo 10 día ⁻¹
0	196.7 C
15	221.6 B
30	260.7 A

Valores seguidos de la misma letra en la columna indica que no son estadísticamente diferentes para $p \leq 0.05$ según Tukey.

En cuanto a las SR, la respiración basal en el testigo fue estadísticamente mayor a la obtenida con CSo, y estadísticamente igual a la encontrada con SCa y la mezcla, que a su vez fueron estadísticamente igual a la del suelo con CSo (Cuadro 2), en consonancia con estos resultados, García y Hernández (1996) señalaron que la salinidad tuvo un efecto negativo sobre la respiración microbiana, especialmente cuando fue NaCl la sal responsable de la salinidad; sin embargo, cuando la concentración de Na₂SO₄ produjo una CE >3 dS m⁻¹ no hubo efecto negativo de la sal sobre la actividad biológica, posiblemente debido a una adaptación de los microorganismos al medio.

Por otro lado, Khan *et al.* (2008) al evaluar el uso microbiano de enmiendas orgánicas en suelos salinos encontraron que la mineralización del carbono orgánico (CO) adicionado en el sustrato fue moderadamente mas baja en el suelo más salino.

Carbono de la biomasa microbiana. La interacción tiempo*MO*SR tuvo efecto significativo sobre el CBm, por lo que se presentan los resultados del análisis de varianza por muestreo (Cuadro 3). En el primer muestreo hubo efecto de los dos factores MO y SR. El CBm con las soluciones salinas fue significativamente superior al CBm en el testigo; mientras que fue estadísticamente igual para las dos dosis de MO aplicada, pero con 30 Mg ha⁻¹ de MO fue significativamente superior al CBm del testigo.

Moreover, Khan *et al.* (2008), when evaluating the use of microbial organic amendments in saline soils, found that the mineralization of organic carbon (OC) added in the substrate was moderately lower in the more saline soil.

Cuadro 2. Efecto de las soluciones de riego sobre la respiración basal de un suelo sometido a manejo convencional (sembrado con cebolla), con aplicación de diferentes soluciones salinas y fertilización con tres dosis de materia orgánica.

Table 2. Effect of irrigation solutions on the basal respiration of a soil under conventional management (planted with onions), with addition of different saline solutions and three doses of organic matter.

Soluciones de riego	µg C-CO ₂ g ⁻¹ suelo 10 día ⁻¹
T	235.2 A
SCa	232.0 AB
CSo	214.4 B
ME	223.6 AB

T= testigo con agua de chorro; SCa= solución de sulfato de calcio; CSo= solución de cloruro de sodio; ME= solución de sulfato de calcio más cloruro de sodio. Valores seguidos de la misma letra en la columna indica que no son estadísticamente diferentes para $p \leq 0.05$ según Tukey.

Microbial biomass carbon. The interaction between time, OM and IS had a significant effect on the CBm, so the results of the sample analysis of variance are presented here (Table 3). In the first sampling, factors IS and OM produced an effect. The CBm with saline solutions was significantly higher than the CBm in the control, whereas it was statistically similar for the two doses of OM that were added, although with 30 Mg ha⁻¹ OM it was significantly higher than the control CBm.

The interaction between the factors was significant, for the second sampling, but there was a tendency for CBm to be higher where more OM was added and where tap water was used for irrigation; the tendency continued to the end of the assay, but the effect of the OM and IS factors is independent. CSo showed the lowest values of CBm. In all treatments with OM, the microbial biomass was negatively affected by the salt solutions. However, the tested doses of OM (15 and 30 Mg ha⁻¹) reduce this negative effect compared to the control.

Metabolic quotient. The metabolic ratio was affected by the simple interaction between time and IS. Table 4 shows that, for the first sampling, qCO₂ was significantly higher

Cuadro 3. Efecto de la aplicación de diferentes soluciones salinas y fertilización con tres dosis de materia orgánica sobre el carbono de la biomasa microbiana de un suelo sometido a manejo convencional (sembrado con cebolla).

Table 3. Effect of the addition of different fertilization saline solutions and fertilization with three doses of organic matter on the microbial biomass carbon of a soil under conventional management (planted with onions).

Materia Orgánica (Mg ha ⁻¹)	μg CBm g ⁻¹ suelo														
	32 DDT					75 DDT					120 DDT				
T	SCa	CSo	ME	\bar{X}	T	SCa	CSo	ME	\bar{X}	T	SCa	CSo	ME	\bar{X}	
0	52	114	89	109	91 b	176	87	43	75	96	120	66	43	90	80 b
15	53	134	120	110	104 ab	165	139	119	102	131	139	114	47	94	98 b
30	62	156	192	117	132 a	298	179	115	96	172	199	191	61	106	139 a
\bar{X}	56b	135 a	134a	112 a		213	135	93	91		152 a	123 ab	51 c	97 bc	

DDT= días después del trasplante; T= testigo con agua de chorro; SCa= solución de sulfato de calcio; CSo= solución de cloruro de sodio; ME= solución de sulfato de calcio más cloruro de sodio; \bar{X} = promedio. Valores seguidos de la misma letra en la fila o la columna indican que no son estadísticamente diferentes para $p < 0.05$ según Tukey.

Para el segundo muestreo, la interacción entre los factores fue significativa, sin embargo se observa la tendencia a que el CBm sea mayor donde se aplicó más MO y cuando se regó con agua de chorro, esta tendencia se mantiene al final del ensayo sólo que el efecto de los factores MO y SR es independiente. Mostrando CSo los valores más bajos de CBm. En todos los tratamientos de MO, la biomasa microbiana fue afectada negativamente por las soluciones salinas. Sin embargo, las dosis probadas de MO (15 y 30 Mg ha⁻¹) disminuyen este efecto negativo en comparación con el testigo.

Cociente metabólico. El cociente metabólico fue afectado por la interacción simple tiempo*SR. En el Cuadro 4 se observa que, para el primer muestreo, el qCO₂ en el testigo fue significativamente superior al resto de las SR; esto se debe a que la respiración basal entre las soluciones de riego es muy similar en este muestreo, pero el CBm es menor en el testigo con respecto a las soluciones salinas.

En el segundo y tercer muestreo, se observa una clara tendencia del qCO₂ a incrementarse en presencia de soluciones salinas, especialmente con CSo, probablemente debido a que la adición de sales y más aún cloruro de sodio en forma sucesiva, provocó un aumento en la demanda energética de la biomasa microbiana como respuesta al estrés inducido por el incremento de sales solubles en el sistema que pueden afectar negativamente a los microorganismos, lo cual hace disminuir su eficiencia metabólica, aumentando entonces la tasa de respiración y el consumo energético para adaptarse a las nuevas condiciones impuestas en el suelo (Wardle y Ghani, 1995; García, 2001; Rietz y Haynes, 2003).

in the control than the rest of the IS; this is because basal respiration is very similar among irrigation solutions in this sampling, but the CBm is lower in the control with respect to saline solutions.

Cuadro 4. Efecto de la interacción de cuatro soluciones de riego y el tiempo de muestreo sobre el cociente metabólico de un suelo sometido a manejo convencional (sembrado con cebolla).

Table 4. Effect of the interaction of four irrigation solutions and the sampling time on the metabolic quotient of a soil subjected to conventional management (planted with onions).

Soluciones de Riego	qCO ₂ (mg C-CO ₂ g ⁻¹ CBm día ⁻¹)		
	32 DDT	75 DDT	120 DDT
T	420.55 Aa	114.70 Cb	167.04 Bb
SCa	184.69 Ba	184.62 Ba	239.05 Ba
CNa	173.67 Bc	284.43 Ab	682.87 Aa
ME	199.50 Bb	266.96 Aa	305.04 Ba

DDT= días después del trasplante; T= testigo con agua de chorro; SCa= solución de sulfato de calcio; CNa= solución de cloruro de sodio; ME= solución de sulfato de calcio más cloruro de sodio. Letras mayúsculas diferencia dentro de la columna. Letras minúsculas diferencia dentro de la fila. Valores seguidos de la misma letra en la fila o la columna indican que no son estadísticamente diferentes para $p \leq 0.05$.

In the second and third sampling, qCO₂ shows a clear tendency to increase in the presence of saline solutions, especially with CSO, probably because the successive addition of salts and, moreover, of sodium chloride, caused an increase in the energetic demand of the microbial biomass in response to the stress induced by the increase of soluble salts in the system which can adversely affect

Cambio en los atributos biológicos del suelo bajo manejo conservacionista

Respiración basal. La interacción del tiempo*MO*SR tuvo efecto sobre la respiración basal (Cuadro 5). Para el primer muestreo, independientemente de la SR aplicada, la incorporación de MO produjo un incremento significativo del C-CO₂, aun cuando el promedio de C-CO₂ con 30 Mg ha⁻¹ de MO fue estadísticamente igual al obtenido con 15 Mg ha⁻¹, ambos significativamente superiores al control, comportamiento similar al encontrado con CV. En el segundo muestreo, el efecto de la MO sobre el C-CO₂ dependió de la SR; sin embargo, se observa que tiende a ser mayor cuando se regó con agua y se aplicó más MO, mientras que, para el último muestreo, al igual que en el primero, independientemente de la SR la aplicación de MO incrementó el C proveniente de la respiración basal, pero las SR si afectaron el C-CO₂, el cual fue significativamente mayor con la mezcla en comparación al resto de las SR, que fueron estadísticamente iguales.

microorganisms, lowering their metabolic efficiency and increasing their respiration rate and energetic consumption so that they can adapt to the new soil conditions (Wardle and Ghani, 1995; García, 2001; Rietz and Haynes, 2003).

Change in the biological attributes of a soil under conservation management

Basal respiration. The interaction between time, OM and IS had no effect on basal respiration (Table 5). For the first sampling, regardless of the IS applied, the addition of OM produced a significant increase in C-CO₂, even when average C-CO₂ (30 Mg ha⁻¹ of OM) was statistically equal to that obtained with 15 Mg ha⁻¹, both significantly higher than the control, a similar behavior to that found with CM. In the second sampling, the effect of OM on C-CO₂ depended on the IS; however, it tended to be higher when there was water irrigation and more OM was added; while for the last sampling the addition of OM increased C from basal respiration regardless of the IS, the same as in

Cuadro 5. Efecto de la aplicación de diferentes soluciones salinas y fertilización con tres dosis de materia orgánica sobre la respiración basal de un suelo sometido a manejo conservacionista (sembrado con pasto).

Table 5. Effect of the addition of different saline solutions and of fertilization with three doses of organic matter on the basal respiration of a soil under conservation management (planted with grass).

Materia Orgánica (Mg ha ⁻¹)	µg C-CO ₂ g ⁻¹ suelo 10 día ⁻¹														
	32 DDT					75 DDT					120 DDT				
T	SC	CN	ME	\bar{X}	T	SC	CN	ME	\bar{X}	T	SC	CN	ME	\bar{X}	
0	243	211	262	237	238 b	253	217	214	207	223	300	277	224	384	296.2 b
15	247	272	272	256	262 a	370	209	215	203	249	319	282	312	391	326.0 ab
30	290	275	274	255	274 a	381	275	234	257	287	354	309	317	411	347.6 a
\bar{X}	260 a	253 a	269 a	250 a		335	234	221	222		324 b	289 b	284 b	395 a	

DDT= días después del trasplante; T= testigo con agua de chorro; SCa= solución de sulfato de calcio; CSo= solución de cloruro de sodio; ME= solución de sulfato de calcio más cloruro de sodio; \bar{X} = promedio. Valores seguidos de la misma letra en la fila o la columna indican que no son estadísticamente diferentes para $p < 0.05$ según Tukey.

La respiración resultó ser muy variable a través del tiempo, no se observó una tendencia como tal. Lo que sí es evidente es el efecto del material orgánico aplicado y de las soluciones salinas sobre la respiración basal. Al igual que en el suelo proveniente del manejo convencional, la aplicación de compost favoreció la actividad de los microorganismos, especialmente en el primer y tercer muestreo. En contraste con el suelo de CV no se encontró efecto de las soluciones de riego sobre el C-CO₂ a los 32 DDT, probablemente debido a que la aplicación temprana no permitió la acumulación de sales suficientes para afectar el proceso de mineralización.

the first sampling, but the IS did affect C-CO₂, which was significantly higher with the mixture compared to the rest of the IS, which were statistically equal.

Respiration was highly variable over time, and no particular tendency could be observed. What is clear is the effect on basal respiration of the added organic material and saline solutions. As in the conventionally managed soil, the addition of compost favored microbial activity, especially in the first and third sampling. In contrast to the CM soil, no effect of the irrigation solutions on C-CO₂ was found at 32

La notoria reducción de la cantidad de C-CO₂ con un incremento en la salinidad en el segundo muestreo, indica un decrecimiento en la mineralización del CO; hallazgos similares han sido reportados por Pankhurst *et al.* (2001) y Wichern *et al.* (2006). No obstante, Wichern *et al.* (2006) en su estudio, encontraron que la evolución del CO₂ no disminuyó más al aumentar de 15 a 50 mg de NaCl g⁻¹ de suelo, cuando a este no se le aplicó residuos orgánicos.

Carbono de la biomasa microbiana. La interacción del tiempo*MO*SR tuvo efecto sobre el carbono de la biomasa microbiana, (Cuadro 6). Para el primer muestreo, sólo las SR mostraron efecto sobre el CBm, el cual en el tratamiento CSo (263 µg CBm g⁻¹ suelo) fue estadísticamente igual al obtenido con SCa y ME pero significativamente superior al obtenido con agua. Es decir, en los tratamientos con soluciones salinas las cantidades de CBm aumentaron, especialmente con CSo, resultando, en parte, similar al suelo CV, atribuyendo este incremento al aumento del sustrato debido al incremento en la solubilidad de la MO en presencia de Na, haciéndola más accesible y disponible para su descomposición (Wong *et al.*, 2004; Wong *et al.*, 2008 y Wong *et al.*, 2009).

DDT, probably because the early addition did not allow a sufficient accumulation of salts to affect the mineralization process.

The marked reduction in the amount of C-CO₂ with increased salinity in the second sampling indicates a decrease in the mineralization of CO; similar findings have been reported by Pankhurst *et al.* (2001) and Wichern *et al.* (2006). However, Wichern *et al.* (2006) found in their study that the evolution of CO₂ did not decrease further as the NaCl g⁻¹ of soil increased from 15 to 50 mg when organic waste was not added.

Microbial biomass carbon. The interaction between time, OM and IS took effect on microbial biomass carbon (Table 6). For the first sampling, only the IS produced an effect on CBm, which under the CSo treatment (263 µg CBm g⁻¹ soil) was statistically equal to that obtained with SCa and ME, but significantly higher than that obtained with water. That is, in treatments with saline solutions, the amounts of CBm increased, particularly with CSo, resulting, in part, similar to CM soil; this increase is attributed to the increase of the substrate due to the increased solubility of OM in the

Cuadro 6. Efecto de la aplicación de diferentes soluciones salinas y fertilización con tres dosis de materia orgánica sobre el carbono de la biomasa microbiana de un suelo sometido a manejo conservacionista (sembrado con pasto).
Table 6. Effect of the addition of different saline solutions and of fertilization with three doses of organic matter on the microbial biomass carbon of a soil under conservation management (planted with grass).

Materia orgánica (Mg ha ⁻¹)	µg CBm g ⁻¹ suelo															
	32 DDT					75 DDT					120 DDT					
T	SCa	CSo	ME	\bar{X}	T	SCa	CSo	ME	\bar{X}	T	SCa	CSo	ME	\bar{X}		
0	149	210	254	232	211 a	280	225	254	182	235	192	178	174	250	198 a	
15	189	197	292	208	222 a	235	338	181	216	243	212	188	132	259	198 a	
30	202	288	245	288	256 a	328	225	180	225	240	296	179	121	187	196 a	
\bar{X}	180 b	232 ab	263 a	243 ab		281	263	205	208		233 a	181 ab	142 b	232 a		

DDT= días después del trasplante; T= testigo con agua de chorro; SCa= solución de sulfato de calcio; CSo= solución de cloruro de sodio; ME= solución de sulfato de calcio más cloruro de sodio; \bar{X} = promedio. Valores seguidos de la misma letra en la fila o la columna indican que no son estadísticamente diferentes para $p < 0.05$ según Tukey.

A diferencia de CV, en este suelo la dosis de MO no tuvo efecto estadísticamente significativo sobre el CBm tanto a los 32 DDT como a los 120 DDT, pudiera ser debido a que bajo las condiciones de manejo y uso de este suelo, el contenido inicial de MO no es lo suficientemente bajo como para que las dosis de MO aplicadas generen una respuesta significativa en el desarrollo de la biomasa microbiana, mientras que en CV el contenido de MO es menor que en CS al principio y al final del ensayo. Para el segundo muestreo, la interacción fue significativa.

presence of Na, making it more accessible and available for decomposition (Wong *et al.*, 2004; Wong *et al.*, 2008 and Wong *et al.*, 2009).

Unlike CM, in this soil the OM dose had no statistically significant effect on CBm, both at 32 DDT and 120 DDT, which could be because under the management and usage conditions of this soil, the initial content of OM is not low for the added dose of OM to generate a significant response in the development of the microbial biomass, whereas in the

En el muestreo final, al igual que en el primero, sólo hubo efecto de las SR, pero contrariamente, el CBm fue significativamente más bajo con CSo y estadísticamente igual al de SCa; sin embargo, este último fue estadísticamente igual a los tratamientos regados con la mezcla y el control, que fueron significativamente superiores; estos resultados presentan semejanza con los reportados por Yuan *et al.* (2007), quienes al evaluar once suelos con un gradiente de CE de 0.32- 23.05 mS cm⁻¹ encontraron una relación exponencial negativa entre la CE y el CBm.

Aunque el comportamiento del CBm a través del tiempo es variable, dependiendo de las SR y dosis de MO, se observa una cierta tendencia a que éste disminuya en presencia de soluciones salinas y aumente o se mantenga en presencia de agua; su disminución con las soluciones salinas probablemente se debió a la condición de estrés osmótico sobre los microorganismos generada por la acumulación de sales en la solución del suelo (García *et al.*, 1994; Rietz y Haynes, 2003; Tripathi *et al.*, 2006) en la medida que transcurrió el tiempo.

Con respecto a la conducta frente al agua de chorro, contrasta con lo reportado por Follett *et al.* (2007) cuando estudiaron la dinámica del carbono del suelo sin adición de sustrato por un período de incubación de 853 días, encontrando que el CBm del suelo disminuyó durante la incubación, posiblemente en el suelo CS el contenido de MO, el resto de las características físico-químicas del suelo y el mantener el suelo constantemente a una humedad cercana a capacidad de campo permitió el crecimiento de la población microbiana, adicionalmente es un periodo más corto que el evaluado por Follett *et al.* (2007).

Cociente metabólico. La interacción del tiempo*MO*SR tuvo efecto sobre el cociente metabólico (Cuadro 7). En el primer muestreo no hubo efecto de ningún factor. Similar a esto, aunque con dos suelos ácidos, uno con pH 4.67, CE de 1.20 dS m⁻¹ y el otro con pH 5.35, CE 42 dS m⁻¹, Wichern *et al.* (2006), los lavaron hasta quedar con valores de 0.60 y 0.90 dS m⁻¹ respectivamente y posteriormente fueron incubados por 45 días con o sin 2% de residuo de maíz y se les adicionaron tres niveles de NaCl (0, 15 y 50 mg NaCl g⁻¹ de suelo), encontraron que para ninguno de los dos suelos hubo diferencia en el qCO₂ debido a los niveles de NaCl, pero si entre los suelos, fue muy inferior el qCO₂ en el primer suelo en comparación al segundo, indicando que la salinización de largo plazo da lugar a una comunidad microbiana fisiológicamente más activa que utiliza el sustrato menos eficientemente, reflejado en un alto cociente metabólico.

CM soil OM content was lower than in CS at the beginning and the end of the study. For the second sampling, the interaction was significant.

In the final sampling, as in the first, only the IS produced an effect, but the CBm was significantly lower with CSo and statistically equal to that with Sca; however, the latter was statistically equal to the treatments irrigated with the mixture and the control, which were significantly higher; these results are similar to those reported by Yuan *et al.* (2007), who, when evaluating eleven soils with an EC gradient of 0.32-05 mS cm⁻¹ found a negative exponential relationship between the EC and the CBm.

Although CBm behavior over time is variable, depending on the IS and the dose of OM, there is a tendency for CBm to decrease in the presence of saline solutions and to increase or remain constant in the presence of water; its decrease with saline solutions was probably due to the osmotic stress condition on microorganisms generated by the accumulation of salts in the soil solution (García *et al.*, 1994; Rietz and Haynes, 2003; Tripathi *et al.*, 2006) as time elapsed.

With respect to the behavior when tap water is used, it contrasts with what was reported by Follett *et al.* (2007) when they studied soil carbon dynamics without addition of substrate for an incubation period of 853 days, finding that CBm in the soil decreased during incubation. Possibly the content of OM in the CS soil, together with the rest of the physicochemical features of this soil, which was kept at a constantly humidity near field capacity, enabled the growth of the microbial population; moreover, we studied a shorter period than Follett *et al.* (2007).

Metabolic quotient. The interaction between time, OM and IS had no effect on the metabolic ratio (Table 7). In the first sampling no factor produced any effect. Similar to this, but with two acid soils, one with pH 4.67, EC of 1.20 dS m⁻¹ and the other with pH 5.35, EC 42 dS m⁻¹, Wichern *et al.* (2006) washed them until they had values of 0.60 and 0.90 dS m⁻¹ respectively, then incubated them for 45 days with or without 2% corn residue, and three levels of NaCl (0, 15 and 50 mg NaCl g⁻¹ soil) were added to them; they found that there was no difference in qCO₂ in both soils due to the NaCl levels, but there was between soils; qCO₂ was much lower in the first soil compared to the second, indicating that long term salinization leads to a more physiologically active microbial community that uses the substrate less efficiently, which is reflected in a high metabolic ratio.

Cuadro 7. Efecto de la aplicación de diferentes soluciones salinas y fertilización con tres dosis de materia orgánica sobre el cociente metabólico de un suelo sometido a manejo conservacionista (sembrado con pasto).

Table 7. Effect of the addition of different saline solutions and of fertilization with three doses of organic matter on the metabolic quotient of a soil under conservation management (planted with grass).

Materia orgánica (Mg ha ⁻¹)	qCO ₂ (mg C-CO ₂ g ⁻¹ CBm día ⁻¹)														
	32 DDT					75 DDT					120 DDT				
T	SCa	CSo	ME	\bar{X}	T	SCa	CSo	ME	\bar{X}	T	SCa	CSo	ME	\bar{X}	
0	176	101	133	102	128 a	91	96	87	122	99	157	160	130	173	155 a
15	131	147	93	123	124 a	158	63	119	95	109	155	151	254	152	178 a
30	144	101	116	89	112 a	118	121	133	118	122	138	177	264	222	200 a
\bar{X}	150 a	116 a	114 a	105 a		123	94	113	112		150 b	163 ab	216 a	182 ab	

DDT= días después del trasplante; T= testigo con agua de chorro; SCa= solución de sulfato de calcio; CNa= solución de cloruro de sodio; ME= solución de sulfato de calcio más cloruro de sodio; \bar{X} = promedio. Valores seguidos de la misma letra en la fila o la columna indican que no son estadísticamente diferentes para $p < 0.05$ según Tukey.

En el segundo muestreo la interacción fue significativa; pero al final del ensayo sólo hubo efecto de las SR; teniendo que el qCO₂ en CSo fue significativamente superior al obtenido en T, pero estadísticamente igual que con SCa y ME. En término de valores absolutos se puede decir que el qCO₂ fue mayor cuando estuvo presente el NaCl en la SR, igual que en CV; esto puede ser debido a que la adición de sales, especialmente NaCl, de forma sucesiva y acumulativa, provocó un incremento significativo de este parámetro, como se explicó para CV.

Al comparar los resultados de los atributos biológicos de CV y CS, es evidente que el C-CO₂ y CBm es mayor en CS (Cuadros 1, 3, 5 y 6), esto pudiera deberse a que CS posee más MO que CV, constituyendo una mayor fuente de energía y de nutrientes para los microorganismos, lo cual contribuye a su desarrollo y a una actividad biológica más alta, que se refleja en una mayor producción de CO₂ (Anderson y Domsch, 1978; Sánchez *et al.*, 2005). Adicionalmente, los exudados provenientes de las raíces, especialmente en el suelo bajo pasto para el caso en estudio, también constituyen una fuente de energía para los microorganismos (Manjajiah *et al.*, 2000). La menor biomasa microbiana en CV también puede asociarse al efecto de otros atributos químicos, como por ejemplo, la CE que es más alta en CV, pudiendo afectar negativamente a los microorganismos, Rietz *et al.* (2001) y (Wichern *et al.* (2006).

Conclusiones

El CBm en CV y todos los atributos biológicos en CS fueron afectados por la interacción dosis de MO y SR y esta a su vez fue influenciada por el tiempo de muestreo. En el suelo bajo manejo convencional el CBm fue favorecido en el tiempo

The interaction was significant in the second sampling, but at the end of the assay only the IS produced an effect; the qCO₂ in CSo was significantly higher than in T but statistically equal to that with SCa and ME. In terms of absolute values, it can be said that qCO₂ was higher when NaCl was present in the IS, as in the CM soil; this may be because the successive and cumulative addition of salts, particularly NaCl, caused a significant increase of this parameter, as explained for CM.

When comparing the results of the biological attributes of CM and CS, it is evident that the C-CO₂ and CBm are higher in CS (Tables 1, 3, 5 and 6); this could be because CS has more OM than CM, constituting a major source of energy and nutrients for microorganisms, contributing to their development and to a higher biological activity, reflected in higher CO₂ production (Anderson and Domsch, 1978; Sánchez *et al.*, 2005). Furthermore, exudates from the roots, especially in soil under grass for the studied case is also an energy source for microorganisms (Manjajiah *et al.*, 2000). The lower microbial biomass in CM may also be associated to the effect of other chemical attributes, such as the EC, which is higher in CM and may adversely affect the microorganisms, Rietz *et al.* (2001) and (Wichern *et al.* (2006).

Conclusions

The CBm in CM and all biological attributes in CS were affected by the interaction of OM and IS and this in turn was influenced by the sampling time. In soil under conventional management the CBm was favored over time by the addition of OM, while in the soil under conservation management, the

por la incorporación de MO, mientras que en el suelo bajo manejo conservacionista su respuesta a las SR dependió de la dosis de MO y el tiempo de muestreo. La MO promovió la actividad de los microorganismos en ambos suelos. En el suelo bajo manejo convencional la respiración basal no manifestó diferencias significativas a través del tiempo, mientras que en el suelo bajo manejo conservacionista aumentó el C-CO₂, y por lo tanto la tasa de mineralización.

En general, la salinidad parece tener un efecto negativo sobre los microorganismos, como consecuencia del estrés que produce la alta presión osmótica por la alta concentración de sales en la solución del suelo, además de afectar el CBm y el C-CO₂ con valores menores, el qCO₂ aumenta porque más CO es usado para respiración por unidad de biomasa microbiana y menos CO es usado para síntesis celular. El efecto de las soluciones salinas de cloruro de sodio, sulfato de calcio y su mezcla sobre la biomasa microbiana no siempre se corresponde con los cambios ocurridos en la mineralización de la materia orgánica.

Agradecimientos

La autora principal y los coautores(as) agradecen a las instituciones que financiaron el proceso de investigación: UCV-UNEFM-UCLA proyecto FONACIT "Desarrollo y validación de indicadores para la evaluación de la sostenibilidad del uso de la tierra y el diseño de sistemas agrarios sostenibles". Código del Proyecto: G-2002000557 y al Consejo de Desarrollo científico y Tecnológico de la UCLA (CDCHT) proyecto registrado bajo el código 001-DAG-2008.

Literatura citada

- Alef, K. 1995. Soil respiration. Methods in applied soil microbiology and biochemistry. Academic Press. Harcourt Brace & company, Publishers. 214-217 pp.
- Anderson, J. P. E. and Domsch, K. H. 1978. A physiological method for the quantitative measurement of microbial biomass in soil. *Soil Biol. Biochem.* 10:215 - 221.
- Bremner, J. 1996. Nitrogen-total. Methods of soil analyses. Part 3. Chemical Methods. ASA, SSS América, CSSA INC. Wisconsin, EUA. 1085-1121 pp.

response of CBm to the IS depended on the dose of OM and the sampling time. The OM promoted microbial activity in both soils. In the soil under conventional management, basal respiration did not differ significantly over time, while in the soil under conservation management C-CO₂ increased, and therefore also the rate of mineralization.

In general, salinity appears to have a negative effect on microorganisms, as a result of the stress produced by high osmotic pressure due to the high concentration of salts in the soil solution; salinity also affects, although in a lesser way, the CBm and the C-CO₂; qCO₂ increases because more CO is used for respiration per unit of microbial biomass and less CO is used for cellular synthesis. The effect of saline solutions made from sodium chloride, calcium sulfate and the mixture of both on the microbial biomass does not always corresponds with changes in the mineralization of organic matter.

End of the English version



- Follett, R. F., Paul E. A.; Pruessner, E. G. 2007. Soil carbon dynamics during a long-term incubation study involving 13C and 14C measurements. *Soil Sci.* 172(3):189 -208.
- Fundación para el desarrollo de la región centro occidental de Venezuela (FUDECO). 2004. Dossier Estado Lara. Barquisimeto Estado, Lara. 21-22 pp.
- García, C. 2001. Efectos residuales y acumulativos producidos por la aplicación de composta de residuos urbanos y lodos de depuradoras sobre agrosistemas mediterráneos degradados. Tesis doctoral. Murcia. España. Centro de Ciencias Medioambientales de Madrid. Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC). 277 p.
- García, C. and Hernández, T. and Costa, F. 1994. Microbial activity in soils under Mediterranean environmental conditions. *Soil Biol. Biochem.* 26:1185-1191.
- García, C. and Hernández, T. 1996. Influence of salinity on the biological and biochemical activity of a calciorthirds soil. *Plant Soil.* 178:255-263.
- INFOSTAT. 2002. InfoStat versión 1.1. Grupo InfoStat. Fac. Cs. Agr. Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). 1989. Manual de análisis de suelos, plantas y aguas para riego. ICA. Manual de asistencia técnica Núm. 47. Bogotá. 236 p.

- Khan, K. S.; Gattinger, A.; Buegger, F.; Schloter, M. and Joergensen, R. 2008. Microbial use of organic amendments in saline soils monitored by changes in the $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ratio. *Soil Biol. Biochem.* (5):1217-1224.
- Laura, R. D. 1976. Effects of alkali salts on C y N mineralization of organic matter in soil. *Plant Soil.* 44:587-596.
- Manjaiah, K. M.; Voroney, R. P and Sen, U. 2000. Soil organic carbon stocks, storage profile and microbial biomass under different crop management systems in atropical agricultural ecosystem. *Biol. Fert. Soils.* 31:273-278.
- McCormick, R. W. and Wolf, D. C. 1980. Effect of sodium chloride on CO_2 evolution, ammonification and nitrification in a Sassafras sandy loam. *Soil Biol. Biochem.* 12:153-157.
- Nelson, P. N.; Rahman, B. A. and Oades, J. M. 1997. Sodicity and clay type: influence on decomposition of added organic matter. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 61:1052-1057.
- Pankhurst, C. E.; Yu, S.; Bawke, B. G. and Harch, B. D. 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. Fert. Soils.* 33:204-217.
- Pathak, H. and Rao, D. L. N. 1998. Carbon and nitrogen mineralization from added organic matter in saline and alkali soils. *Soil Biol. Biochem.* 30:695-702.
- Pérez, J. R.; Schargel, R.; Gómez, J. M. y Ohep, C. 1995. Estudio semidetallado de suelos a nivel de series del valle de Quíbor. Barquisimeto: Sistema Hidráulico Yacambú-Quíbor. Venezuela. 78 p.
- Rao, D. L. N. and Pathak, H. 1996. Ameliorative influence of organic matter on the biological activity of salt affected soils. *Arid Soil Res. Reh.* 10:311-319.
- Rietz, D. N. and Haynes, R. J. 2003. Effects of irrigation-induced salinity and sodicity on soil microbial activity. *Soil Biol. Biochem.* 35:845-854.
- Rietz, D. N.; Haynes, R. J. and Chidoma, S. 2001. Effects of soil salinity induced under irrigated sugarcane in the Zimbabwean lowveld on soil microbial activity. *Proc. S. Afr. Sug. Technol. Ass.* 75:68-74.
- Sánchez, B.; Ruíz, M. y Ríos, M. M. 2005. Materia orgánica y actividad biológica del suelo en relación con la altitud en la cuenca del río Maracay, estado Aragua. *Agron. Trop.* 55(4):507-534.
- Sistema hidráulico Yacambú- Quíbor C. A. (SHYQCA). 2003. Estudio de uso actual de la tierra en el Valle de Quíbor. Gerencia de Desarrollo y Conservación. Barquisimeto. Venezuela. 80 p.
- Tripathi, S. S.; Kumari, A.; Chakraborty, A.; Gupta, K.; Chakrabarti, L. and Bandyapadhyay, B. K. 2006. Microbial biomass and its activities in salt-affected coastal soils. *Biol. Fert. Soils.* 42: 273-277.
- Vance, E. D.; Brookes, P. C. and Jenkinson, D. S. 1987. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. *Soil Biol. Biochem.* 19:703-707.
- Villafañe, R.; Abarca, O.; Azpúrua, M.; Ruiz, T. y Dugarte, J. 1999. Distribución espacial de la salinidad en los suelos de Quíbor y su relación con las limitaciones de drenaje y la calidad del agua. *Bioagro.* 11(2):43-50.
- Wardle, D. A. and Ghani, A. 1995. A critique to the microbial metabolic quotient ($q\text{CO}_2$) as a bioindicator of disturbance and ecosystem development. *Soil Biol. Biochem.* 27(12):1601-1610.
- Wichern, J.; Wichern, F. and Joergensen, R. G. 2006. Impact of salinity on soil microbial communities and the decomposition of maize in acidic soils. *Geoderma.* 137:100-108.
- Wong, V. N. L.; Dalal, R. C. and Greene, R. S. 2009. Carbon dynamics of sodic and saline soils following gypsum and organic material additions: a laboratory incubation. *Appl. Soil Ecol.* 41:29-40.
- Wong, V.; Dalal, R. and Greene, R. 2008. Salinity and sodicity effects on respiration and microbial biomass of soil. *Biol. Fert. Soils.* 44(7):943-953.
- Wong, V.; Greene, R. S.; Murphy, B. and Dalal, R. 2004. The effects of salinity and sodicity on soil carbon turnover.
- Yuan, B.; Li, Z.; Liu, H.; Gao, M. and Zhang, Y. 2007. Microbial biomass and activity in salt affected soils under arid conditions. *Appl. Soil Ecol.* 35(2):319-328.