

Efecto del uso de un vermicompost sobre las propiedades biológicas y químicas de suelos degradados por sales

Effect of a vermicompost on the biological properties of salts degraded soils

José Pastor Mogollón¹, Omar Tremont² y Nectalí Rodríguez²

Universidad Nacional Experimental Francisco de Miranda. Coro, estado Falcón. ¹Dpto. de Ambiente y Tecnología Agrícola; ²Dpto. de Producción y Desarrollo Agrícola.

Email: pastormogollon@unefm.edu.ve

RESUMEN

El estado Falcón fue uno de los mayores productores de hortalizas del país, siendo "El Cebollal" la principal zona productora del estado. La degradación de los suelos por salinización y sus efectos negativos sobre los rendimientos, entre otros factores, hicieron que hoy en día prácticamente en ese sector ya no existan productores hortícolas. Uno de los efectos negativos de la salinización es la disminución de la fertilidad biológica del suelo. Este trabajo tuvo como objetivo evaluar el uso de un vermicompost sobre: la respiración, la actividad ureásica, el pH y la conductividad eléctrica del suelo de "El Cebollal". El estudio se realizó tomando muestras de tres suelos de la zona. Los resultados indican que los suelos con mayores niveles de salinidad, presentan menores valores de respiración edáfica y actividad de la enzima ureasa. También se observó que la aplicación del vermicompost a los suelos arenosos (SB y SM) aumentó la actividad enzimática y la respiración edáfica, y redujo el pH y la conductividad eléctrica del suelo. Los suelos tratados con el abono orgánico tuvieron una mayor tasa de mineralización del nitrógeno, lo cual se evidenció al observar los mayores valores de NH_4^+ intercambiable así como la mayor actividad de la ureasa.

Palabras claves: vermicompost, recuperación de suelos, actividad ureásica, respiración edáfica, suelos salinos.

ABSTRACT

Falcon was one of the major vegetable producer states in Venezuela, and The Cebollal as its principal location, until soil degradation by salts and the negative effects on yields, caused abandoning farms in this area. One possible negative effects of this salinization on soil could be the decreased in biological fertility. The purpose of this experiment was to evaluate the addition of vermicompost, as an organic amendment, on basal respiration, urease activity, pH and electrical conductivity in three different soils of The Cebollal. Results indicate that the soils with highest salt concentration showed the lowest values of soil respiration and urease activity. The addition of vermicompost to sandy soils increased enzymatic activity and soil respiration, and decreased pH and electrical conductivity. Soils amended with vermicompost probably had the largest nitrogen mineralization as the NH_4^+ concentration and urease activity were largest in these soils.

Key words: Vermicompost; soil rehabilitation, urease activity, basal respiration, saline soils.

INTRODUCCIÓN

Las áreas de suelo afectadas 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 (Crescimanno *et al.*, 1995). La elevada evaporación, mayor que las precipitaciones, características principales del clima árido, hace que las sales se concentren en los suelos y aguas superficiales. debido a que las pocas precipitaciones no son suficientes para lixiviar las sales solubles a horizontes del suelo más profundos (Richards, 1962).

Otro factor que ha contribuido a la salinización ha sido el empleo de fertilizantes sin criterios técnicos adecuados a los tipos de suelos y cultivos, concentrándose las sales tanto en el suelo como en las fuentes de agua para riego. Todas estas situaciones son frecuentes en las zonas áridas y semiáridas con actividades agrícolas intensivas. En el caso específico de Venezuela, durante la década del 70, el sector de "El Cebollal" ubicó al estado Falcón dentro de los tres principales estados productores de hortalizas de pisos bajos a nivel nacional, con rendimientos de 25.000 kg/ha, superiores al rendimiento nacional y con una superficie de siembra de aproximadamente 1500 ha (Rodríguez, 2001). Sin embargo, a mediados de los 80, "El Cebollal" es 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 (Machado *et al.*, 1990). 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 la actualidad, en "El Cebollal" sólo se mantienen en producción alrededor de 10 fincas, debido al descenso evidente de los rendimientos de cebolla (< 15 Mg/ha) (Rodríguez, 2001), lo cual se asocia a la degradación de los suelos y agua por efecto de la salinidad, además de los altos costos de producción, siendo estos factores considerados como los principales responsables del abandono de los tipos de uso de la tierra más importantes de la zona. Esta otrora importante zona agrícola, se encuentra en franco deterioro ambiental, lo que hace necesario la evaluación de sistemas de producción alternativos, de menor impacto ambiental y coherentes con las particularidades ecológicas de las zonas secas. En este sentido, la utilización de abonos orgánicos, como el vermicompost es una alternativa que podría ser bastante provechosa y útil para la recuperación de los suelos afectados por sales (Serrato *et al.*, 2002).

El vermicompost resulta de la digestión de materiales orgánicos por efecto de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*), la cual produce excretas o desechos con alto contenido de nutrientes (Chaoui *et al.*, 2003). Este tipo de abono orgánico se caracteriza por mejorar las propiedades físicas del suelo (Edwards, 1995), por aportar hormonas que ayudan al crecimiento vegetal (Tomati *et al.*, 1987), y desde el punto de vista biológico, existen algunos trabajos que refieren un aumento de la actividad enzimática del suelo (Marschner *et al.*, 2003) y un aumento en la tasa de evolución de CO₂ en el suelo (Ajwa y Tabatabai, 1994).

En sistemas agrícolas degradados por sales, la utilización del vermicompost como una alternativa de fertilización orgánica podría ayudar a reducir algunos problemas asociados con el uso de fertilizantes inorgánicos tradicionales, tales como las pérdidas excesivas de nutrientes por lavado, además del estrés a las plantas inducido por la salinidad del suelo. Además, el vermicompost puede mejorar la porosidad del suelo en aquellos de textura gruesa, y por consiguiente suministrar un mejor medio de crecimiento para las raíces (Chaoui *et al.*, 2003).

Actualmente en la zona de estudio se desarrolla una experiencia alternativa de uso de la tierra, como es la siembra de sábila bajo riego para la producción de gel con uso de fertilización orgánica. En este sentido la finca Santa Bárbara es la primera y única experiencia en este tipo de manejo, con unas 50 hectáreas incorporadas, desde hace unos 5 años (Rodríguez, 2001). Sin embargo, no existe para la zona ningún dato sobre el efecto de la incorporación de abonos orgánicos sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas de suelos afectados por sales.

Este trabajo de investigación tuvo como objetivo final evaluar el efecto potencial de un vermicompost sobre la actividad biológica y propiedades químicas de tres suelos con diferente grado de afectación por sales ubicados en El Cebollal de Coro. La actividad biológica fue estimada a través de la respiración basal y la actividad ureásica. Las propiedades químicas evaluadas, relacionadas a la salinidad del suelo, fueron la conductividad eléctrica y el pH.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del área de trabajo: El área de estudio es conocida como "El Cebollal" y comprende una superficie de 5386 ha. Políticamente se ubica en las Parroquias Santa Ana y San Antonio del Municipio Autónomo Miranda, en el estado Falcón, al Norte de la ciudad de Coro. Geográficamente se encuentra entre los 11° 19' 10" y 11° 24' 23" de Latitud Norte; 69° 43' 36" y 69° 52' 3" de Longitud Oeste.

Se seleccionaron tres fincas ubicadas cada una en una serie de suelo diferente, con usos de la tierra y condiciones de manejo distintas, cuyos aspectos relevantes también se describen a continuación:

Suelo y Tipo de Uso de la Tierra

a) Finca Santa Bárbara:

Los suelos de esta finca pertenecen a la serie el Patillal, clasificados como Ustollic haplargids. Presentan textura media (Fa - FAa), es decir, pueden ser francos con altos contenidos de la fracción arena, con bajos contenidos de sales (Rodríguez 2001). Los suelos de esta finca fueron utilizados por más de 20 años continuos para la explotación bajo riego de cultivos hortícolas, entre ellos la cebolla. Actualmente la finca estudiada produce sábila para gel bajo riego con el uso de productos orgánicos como fuentes fertilizantes.

b) Finca Santa María:

Los suelos pertenecen a la serie San Isidro, clasificados taxonómicamente como Typic haplargids. Son suelos de textura media (Fa - FAa) y contenidos de sales bajos (Rodríguez 2001). Los suelos de esta finca han sido explotados bajo riego con algunos cultivos hortícolas tales como tomate, pimentón, patilla, cebolla y melón durante tres décadas. Actualmente sólo se explotan algunos cultivos como el melón y la cebolla, además de permitir el pastoreo de restos de cosechas, por ovinos y caprinos.

c) Finca Las Delicias:

Los suelos pertenecen a la serie La Pica, clasificados como Typic camborthid, de textura predominantemente arcillosa y medianos contenidos de sales (Rodríguez 2001). Por mucho tiempo, esta finca fue explotada con cultivos hortícolas bajo riego, lo que provocó la salinización de los suelos. Actualmente tiene alrededor de ocho años sin ser sembrados, y hoy en día se observa un proceso de revegetación natural.

Tratamiento:

Se hizo un muestreo de suelos en el mes de enero del 2003, a una profundidad de 0-20 cm. Se tomaron cuatro muestras compuestas por finca; las muestras fueron secadas al aire y se pasaron por un tamiz de 2 mm.

El vermicompost evaluado proviene de la Unidad de Reciclaje de Desechos Orgánicos de la UNEFM, ubicada en la Parcela Experimental José Landaeta (sector Los Perozo). El abono fue secado a temperatura ambiente y luego fue pasado por un tamiz de 2 mm. Presentó un valor de pH de 7,5; la conductividad eléctrica fue 5,5 dS/m; y el contenido de carbono orgánico fue de 6,8%.

Para evaluar el efecto del vermicompost en la actividad biológica del suelo, se procedió a elaborar una mezcla suelo:abono, aplicando una dosis de 1% p/p (Albiach, et al., 2000). Se pesaron 100 g de cada uno de los suelos previamente tamizados, y se mezclaron con 1 gramo del vermicompost. Esta mezcla fue llevada a un 60% de la capacidad de campo y se procedió a establecer un experimento de incubación por 14 días. Se utilizó un diseño de experimentos completamente aleatorizado, con cuatro repeticiones de cada tratamiento incluyendo los suelos sin el abono (control). La actividad biológica fue evaluada a las 24 horas de la incubación, mientras que el pH y la conductividad eléctrica se midieron el primer día y al final de un período de incubación de 14 días.

Caracterización física y química de los suelos estudiados:

El pH del suelo fue determinado por el método potenciométrico en una suspensión suelo:agua 1:2. La conductividad eléctrica por medio del conductímetro, en una relación suelo:agua 1:2. El carbono orgánico fue determinado por el método de Walkley-Black (1934). El análisis textural fue realizado por el método de Bouyoucos (Day, 1965). El NH_4^+ intercambiable se estimó mediante una extracción previa con KCl 1M y una posterior medición en el extracto, mediante el método de azul de indofenol (Keeney y Nelson, 1982).

Determinación de la Respiración Basal:

La respiración basal del suelo fue evaluada por el método propuesto por Hernández et al. (1997); se pesaron 100 gramos de suelo y se colocaron en un frasco de vidrio herméticamente cerrado a 60% de la capacidad de campo e incubado en la oscuridad a una temperatura aproximada de 28 °C, por 24 horas. Se midió el CO₂ evolucionado durante el proceso de respiración, mediante la utilización de una trampa de álcali (NaOH 0,1N). Después del período de incubación, se trasvasó el NaOH 0,1M a una fiola de 50 ml, y se le añadieron 2 ml de BaCl₂ 0,5 M para precipitar el CO₂ absorbido, luego se le añadieron 4 gotas de solución indicadora de fenolftaleína y se tituló con HCl 0,1N. La respiración edáfica se expresa en mg CO₂ g⁻¹ suelo seco día⁻¹. De igual manera se procedió a medir el CO₂ evolucionado al aplicar el vermicompost a cada uno de los suelos evaluados.

Determinación de la actividad enzimática en el suelo:

La actividad ureásica del suelo se determinó de acuerdo al método propuesto por Kandeler y Gerber (1988), el cual se basa en la determinación del amonio liberado a partir de una solución de urea por la actividad ureásica del suelo cuando se incubaba éste por dos horas a 37 °C. Se determina por espectrofotometría visible, a una longitud de onda de 690 nm. La actividad de la enzima se expresa en µg NH₄⁺ g⁻¹ h⁻¹.

Análisis estadísticos

Se hicieron análisis de la varianza y pruebas de comparación de medias Tukey para evaluar los diferentes tratamientos, se usó el paquete estadístico STATISTICA versión 6.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características físicas y químicas de los suelos estudiados

No se registraron diferencias significativas en los valores de pH entre los distintos suelos estudiados (cuadro 1), caso contrario los valores de conductividad eléctrica si registraron diferencias significativas, siendo los suelos de la Finca Las Delicias (LD) los que registraron mayores valores, diferenciándose significativamente ($P < 0,05$) de los suelos muestreados en la Finca Santa Barbara (SB) (cuadro 1). Los suelos de la Finca Santa María (SM) no se diferenciaron significativamente del resto de las fincas.

Los suelos de LD presentan altos contenidos de arcilla (cuadro 1) lo que podría estar influyendo en los mayores valores registrados de CE, ya que existen indicios de una mayor acumulación de sodio intercambiable en la capa superficial de los suelos pertenecientes al subgrupo Typic Camborthid (Soil Survey Staff, 1987). Por otra parte los suelos arcillosos son más susceptibles al proceso de degradación por sales, sobre todo si las arcillas predominantes son de tipo montmorillonita (Richards, 1962) como en el caso de los suelos de nuestra área de estudio (Machado et al. 1990).

Los niveles de carbono orgánico (CO) fueron más altos en SB, en comparación a SM y LD ($P < 0,05$) lo cual puede ser producto del manejo agronómico que se lleva a cabo en esta unidad de producción, donde se aplica constantemente con el riego, el fertilizante orgánico líquido denominado comercialmente Humus 15, a razón de 1 litro por cada 200 litros de agua desde hace cuatro años. La incorporación de enmiendas orgánicas al suelo generalmente aumenta la materia orgánica del mismo (Marschner et al., 2003). Los suelos de SM y LD tienen niveles bajos de CO, y esto podría estar relacionado al manejo agronómico de las parcelas muestreadas. Por un lado, tenemos que los suelos de SM han estado bajo una intensa explotación agrícola por más de 30 años, y últimamente se está permitiendo el pastoreo de restos de cosechas por ovinos y caprinos. En el caso de LD, por mucho tiempo esta finca fue explotada con cultivos hortícolas bajo riego, provocando un proceso intensivo de salinización debido principalmente al uso de agua de riegos con alto tenor salino, entre otros factores (Rodríguez 2001). Para el momento del muestreo de suelos, la finca LD tenía alrededor de ocho años sin ser sembrados, observándose una vegetación natural de tipo espinar.

Cuadro 1. Propiedades físicas y químicas de los diferentes suelos estudiados. Los valores son el promedio de 4 repeticiones (desviación estándar entre paréntesis).

Parámetros	Suelos		
	Las Delicias	Santa María	Santa Bárbara
Arena	26,3 (0,96)	65,8 (1,50)	75,5 (0,58)
Limo	39,4 (0,45)	16,9 (0,91)	15,2 (0,75)
Arcilla	34,3 (0,96)	17,3 (2,21)	9,3 (0,96)
Taxonomía de suelo	Typic Camborthid	Typic Haplargids	Ustollic Haplargids
pH (1:2)	8,38 (0,09)	8,55 (0,05)	8,83 (0,22)
CE (dS m ⁻¹) (1:2)	7,82 (1,51)	1,67 (0,47)	0,52 (0,15)
C.O. (%)	0,24 (0,05)	0,37 (0,06)	1,01 (0,11)
NH ₄ (µg g ⁻¹)	24,99 (5,29)	24,40 (2,28)	38,89 (2,23)

En el Cuadro 1 también se indican los niveles de amonio (NH₄⁺) intercambiable. Se observa que los mayores valores se registraron en los suelos de SB; estas mayores concentraciones de N inorgánico puede ser un efecto de la aplicación de vermicompost líquido en el agua de riego. Al respecto Decaens *et al.* (1999) y Chaoui *et al.* (2003) señalan que los abonos líquidos provenientes del vermicompostaje se caracterizan por presentar altos niveles de amonio, entre otros nutrientes. Los menores valores de NH₄⁺ intercambiable de los suelos de LD y SM pueden estar relacionados a los mayores contenidos de sales en estos suelos, lo cual limita la tasa de mineralización del N orgánico del suelo, tal como lo indican McClung y Frankenberger (1987). La mayor cantidad de NH₄⁺ intercambiable encontrado en los suelos de SB indudablemente que se derivan de los mayores niveles de materia orgánica encontrados en este suelo, y probablemente por una mayor tasa de mineralización del nitrógeno. Lo anterior queda bien evidenciado al observar el análisis de correlación entre las dos variables, siendo la ecuación que explica este modelo, la siguiente:

$$\text{NH}_4 = 18,6 + 19,9 \cdot \text{Corg}; r = 0,93; P < 0,05; n = 24$$

Cambios en el pH y la conductividad eléctrica en el experimento de incubación

En el cuadro 2 se presentan los valores del pH y CE antes y después de la incubación por 14 días de los suelos mezclados con 1% p/p de vermicompost. En forma general se observaron cambios significativos tanto en el pH como en la CE para cada uno de los suelos, a excepción de la CE en los suelos de SB, en el cual no se registraron diferencias significativas en la CE entre el inicio y final de la incubación. En todos los suelos el pH al final de la incubación fue menor cerca de una unidad en comparación al valor que registraron las muestras al inicio del período de incubación. Esta disminución del pH puede ser causada por la generación de ácidos orgánicos producto de la mineralización de los sustratos orgánicos o por el proceso de nitrificación que toma lugar durante la mineralización de la materia orgánica incorporada (Lai et al., 1999). Este efecto influye en la actividad biológica del suelo de manera positiva, aumentando la capacidad metabólica del suelo, y al mismo tiempo, la actividad enzimática lo cual se puede traducir en una mayor tasa de mineralización de nutrientes. La conductividad eléctrica del suelo registró la misma tendencia que el pH, observándose una disminución significativa ($P < 0,05$) en los tres suelos estudiados. En SB se observó una disminución del 35%, mientras que en SM fue del 50% y en LD del 47% (cuadro 2). Esta reducción de la CE podría estar asociada a una posible reducción en el contenido de iones y sales en solución de suelo, lo cual puede ser producto de la incorporación por parte de la biomasa microbiana del suelo, y además al efecto de la adsorción iónica en la materia orgánica del suelo, tal como lo señalan Lai et al. (1999), reduciendo de esta manera el carácter tóxico de las sales en el suelo. Sin embargo, es necesario realizar algunas pruebas adicionales para corroborar estos supuestos.

Cuadro 2. Valores medios (desviación estándar) del pH y la conductividad eléctrica antes y después de la incubación de la mezcla suelo:vermicompost

Suelos	pH	pH	CE (dS/m)	CE (dS/m)
	antes de la incorporación de 1% vermicompost	después de la incorporación de 1% vermicompost	antes de la incorporación de 1% vermicompost	después de la incorporación de 1% vermicompost
SB	8,8 (0,22) a	8,0 (0,35) b	0,52 (0,15) a	0,34 (0,04) b
SM	8,6 (0,06) a	7,3 (0,17) b	1,67 (0,47) a	0,83 (0,19) b
LD	8,4 (0,09) a	7,0 (0,08) b	7,82 (1,52) a	4,18 (0,85) b

Respiración edáfica

El suelo de la finca SB presentó un incremento en la respiración edáfica equivalente a un 103% cuando se incorporó el vermicompost (figura 1). En los suelos de la finca SM también hubo un incremento de aproximadamente un 175% en la respiración del suelo. Sin embargo, el mayor incremento de la respiración edáfica se observó en la finca LD, donde la actividad biológica aumentó de 2,8 a 10,9 mg CO₂ g⁻¹ suelo día⁻¹, lo cual representa alrededor de un 293% de aumento. A pesar de ser en LD donde existe una menor actividad biológica, la respuesta de los microorganismos en términos de variación porcentual, a la incorporación de materia orgánica, fue mayor en comparación a los suelos de las otras dos fincas estudiadas. Los valores bajos de emisión de CO₂ registrados en el suelo LD pueden estar relacionados al mayor valor de salinidad observada, que de alguna manera influyen en la inhibición de la actividad biológica del suelo, tal como lo señalan Qadir *et al.* (2003). Así mismo, a los más bajos niveles de carbono orgánico encontrados en este suelo (cuadro 1).

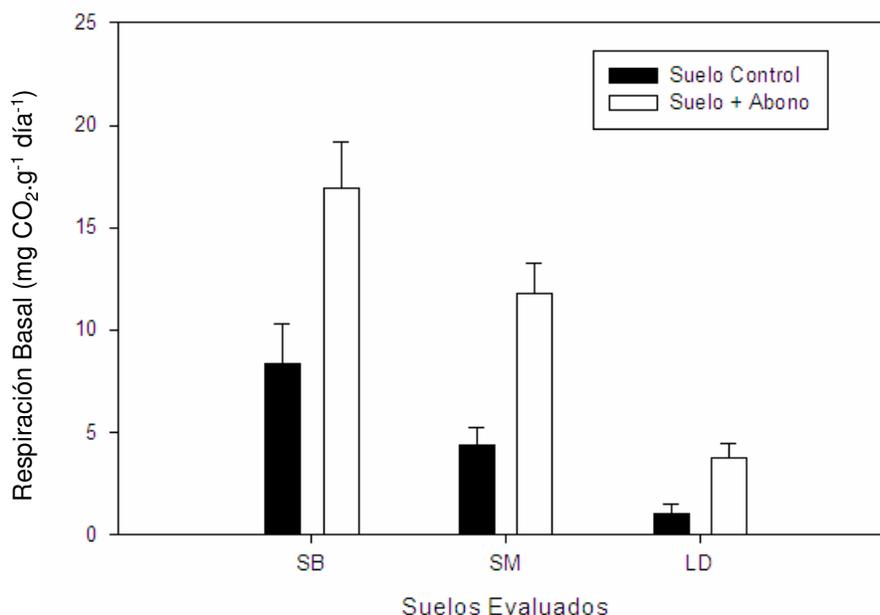


Figura 1. Efecto de la incorporación de vermicompost sobre la respiración basal (mg CO₂·g⁻¹ día⁻¹) de los suelos estudiados. Letras distintas entre las columnas indican diferencias significativas ($P < 0,05$). SB: Santa Bárbara; SM: Santa María; LD: Las Delicias.

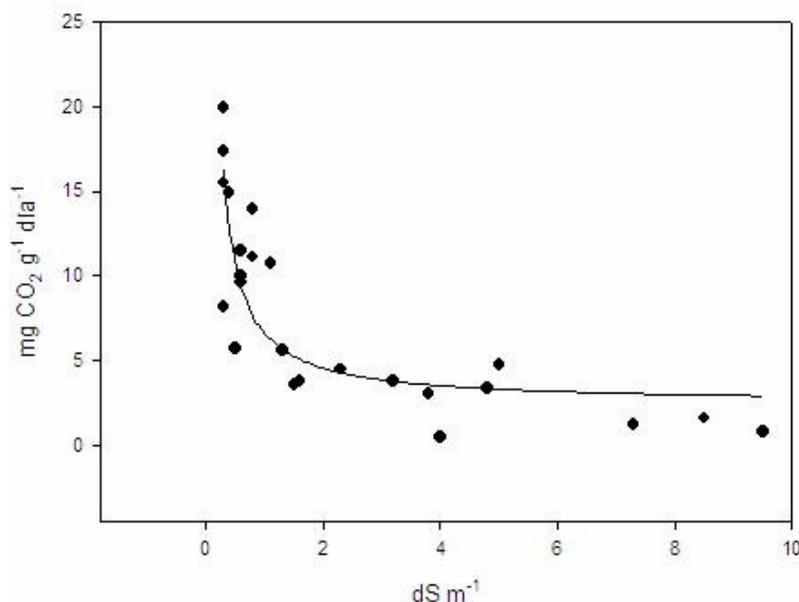


Figura 2. Relación entre la respiración basal y la conductividad eléctrica (C.E.) en los suelos estudiados; ld: Las Delicias Control; ld+v: Las Delicias + vermicompost; sm: Santa María Control; sm+v: Santa María + vermicompost; sb: Santa Bárbara Control; sb+v: Santa Bárbara + vermicompost

La figura 2 muestra la relación que existe entre la respiración basal y la CE del suelo. Existe una relación inversa de primer orden entre estas dos variables, los mayores valores de respiración estuvieron asociados a los menores valores de CE. La respiración basal es una variable asociada con la actividad biológica integral del suelo, lo que permite aseverar que la incorporación de vermicompost al suelo, además de incrementar la actividad biológica de éste, ayuda a disminuir los niveles de CE (cuadro 2; figura 2), mejorando al mismo tiempo la actividad metabólica de los microorganismos. Al respecto Qadir et al. (2003) señalan que la producción de CO₂ en el suelo es un mecanismo importante en la remoción de Na⁺ de suelos salino-sódicos, ya que el CO₂ en solución produce iones H⁺ y HCO₃⁻, y en una reacción posterior, el ión H⁺ reacciona con la calcita nativa del suelo liberando el Ca⁺² que se intercambia con el ión Na⁺, favoreciendo el posterior lavado de este último por precipitación o riego.

Actividad Ureásica

En los suelos control (sin vermicompost) la actividad ureásica fue mayor en SB (9,34±2,28 µg NH₄⁺ g⁻¹ h⁻¹), diferenciándose significativamente ($P < 0,05$) de los suelos de LD y SM, los cuales registraron los menores valores (4,19±1,81 y 5,49±1,93 µg NH₄⁺ g⁻¹ h⁻¹, respectivamente) y sin diferencias significativas entre ellos (figura 3). Todos los suelos mezclados con el vermicompost aumentaron significativamente la actividad ureásica, aunque no se registraron diferencias significativas entre los suelos (LD + 1%vermicompost: 15,34±3,73; SM+1%vermicompost: 15,58±5,62; y SB + 1%vermicompost: 15,81±2,87 µg NH₄ g⁻¹ h⁻¹) (figura 3). El aumento de actividad ureásica con la aplicación del compost, fue de 266%, equivalente a 3,6 veces en LD; 184%, equivalente a 2,8 veces, en SM; y 69%, equivalente a 1,6 veces, en SB. El incremento de la actividad ureásica fue más marcado en los suelos con menores niveles de carbono orgánico (LD y SM), lo cual pone en evidencia el efecto positivo de la incorporación de residuos orgánicos sobre la actividad biológica de suelo, particularmente en los suelos de zonas áridas con problemas de acumulación de sales y bajos niveles de materia orgánica.

La cantidad de N liberado a partir de la descomposición del vermicompost incorporado al suelo es mayor en el suelo SB, lo cual se refleja en los mayores niveles de NH₄⁺ encontrados en este suelo (cuadro 1), y que puede ser producto de un efecto combinado de la mayor actividad ureásica, los mayores valores de carbono orgánico y los menores valores de CE, ya que todos estos factores favorecen el proceso de mineralización del N orgánico del suelo.

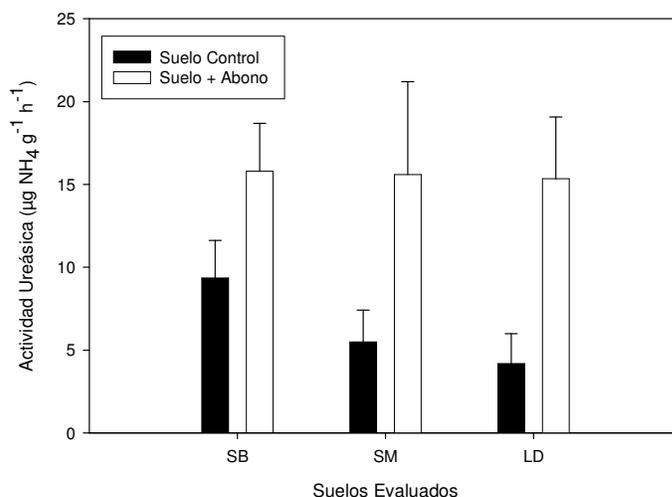


Figura 3. Efecto de la incorporación de vermicompost sobre la actividad ureásica de los suelos. Letras distintas entre las columnas indican diferencias significativas ($P < 0,05$)

Al igual que Reynolds et al. (1985), nuestros resultados indican una correlación positiva entre la actividad de ureasa con los niveles de carbono orgánico (Ureasa = $3,11 + 5,99 * \text{Corg}$; $r = 0,75$; $P < 0,05$; $n=12$); pero no ocurrió así con el contenido de arcilla. Nuestros resultados indican una correlación negativa entre la actividad ureásica y el contenido de arcilla (Ureasa = $10,00 - 0,18 * \% \text{arcilla}$; $r = -0,68$; $n=12$), esto se debe fundamentalmente a los mayores valores de salinidad reportados en los suelos de LD y su asociación con las arcillas, lo cual inhibe la actividad ureásica del suelo (Cookson y Lepiece, 1996). También se observó una correlación positiva con el contenido de arena (Ureasa = $1,55 + 0,09 * \% \text{arena}$; $r = 0,65$; $P < 0,05$; $n=12$), lo cual igualmente difiere de los resultados de Reynolds et al. (1985), pero debemos considerar que los suelos más arenosos reportados en este trabajo fueron los que presentaron mayores niveles de materia orgánica en el suelo. Cookson y Lepiece (1996) indican que la actividad ureasa en regiones áridas está asociada con altos niveles de materia orgánica en el

CONCLUSIONES

La respiración de los suelos estudiados tuvo una respuesta positiva cuando se aplicó el vermicompost. Se observaron diferencias significativas entre los tres suelos, presentando una mayor actividad biológica el suelo de la finca Santa Bárbara, seguido del suelo de la finca Santa María, y por último el suelo de Las Delicias.

La aplicación de vermicompost al suelo no logró inducir diferencias significativas en la actividad de la ureasa en los suelos evaluados. Sin embargo, esta enzima resultó ser un indicador importante al discriminar el efecto inicial en el contenido de sales de cada uno de los suelos, ya que se midió una mayor actividad de la enzima cuando los suelos tuvieron menores valores de pH y de conductividad eléctrica.

Además de mejorar la actividad biológica, la incorporación del vermicompost también mejoró otra propiedad de los suelos, al influir en la disminución de la salinidad del mismo. Disminuyeron tanto los valores de pH, y de la conductividad eléctrica. Estos resultados son alentadores, ya que podrían conllevar a la solución de un problema de grandes magnitudes en la zona, como es la degradación de los suelos por efectos de la acumulación de sales.

LITERATURA CITADA

- Ajwa, H.A., y M.A. Tabatabai.** 1994. Decomposition of different organic materials in soils. *Biol. Fertil. Soils*. 18:175-182.
- Albiach, R., R. Canet, F. Pomares, y F. Ingelmo.** 2000. Microbial biomass content and enzymatic activities after the application of organic amendments to a horticultural soil. *Bioresource Technology*. 75:43-48.
- Chaoui H.I., L.M. Zibilske y T. Ohno.** 2003. Effects of earthworm cast and compost on soil microbial activity and plant nutrient availability. *Soil Biol. Biochem.* 35:295-302.
- Cookson P., y G.L. Lepiece.** 1996. Urease enzyme activity of soils of the Batinah region of Sultanate of Oman. *J. Arid Environ.* 32:225-238.
- Crescimanno, G., M. Iovino, y G. Provenzano.** 1995. Influence of salinity on soil structural and hydraulic characteristics. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 59:1701-1708.
- Day, P.R.** 1965. Particle fractionation and particle-size analysis. En: Black, C.A. et al (eds). *Methods of Soil Analysis. Part 1. Physical and Mineralogical Properties.* ASA-SSSA. Madison, Wisconsin. Pp: 545-567.
- Decaens, T., A.F. Rangel, N. Asakawa, y R.J. Thomas.** 1999. Carbon and nitrogen dynamics in ageing earthworm cast in grassland of the eastern plains of Colombia. *Biol. Fertil. Soils*. 30:20-28.
- Edwards, C.A.** 1995. Historical overview of vermicomposting. *Biocycle*. 36:56-58.
- FUDECO,** 1988. Informe sobre la factibilidad social para la puesta en funcionamiento del centro de acopio "El Cebollal". Barquisimeto, Venezuela. 36 p.
- Hernandez, T., C. Gargia, y I. Reinhardt.** 1997. Short-term effect of wildfire on the chemical, biochemical and microbiological properties of Mediterranean pine forest soils. *Biol. Fertil. Soils*. 25:109-116.
- Kandeler, E. y H. Gerber.** 1988. Short-term assay of soil urease activity using colorimetric determination of ammonium. *Biol. Fertil. Soils*. 6:68-72.
- Keeney, D.R. y D.W. Nelson.** 1982. Nitrogen-inorganic Forms. En: A.L. Page et al (eds). *Methods of Soil Analysis, Part 2. Chemical Properties.* ASA-SSSA, Madison, Wisconsin. Pp: 643-698.
- Lai, K.M., D.Y. Ye, y W.C. Wong.** 1999. Enzyme activities in a sandy soil amended with sewage sludge and coal fly ash. *Water Air Soil Pollut.* 113:261-272.
- Machado, D., R. Medina, y F. Navarro.** 1990. Evaluación del Uso de Tierras Agrícolas en el área bajo riego de la zona "El Cebollal", estado Falcón. Tesis de Grado. UNEFM. Agronomía. 89 p.
- Marschner, P., E. Kandeler, y B. Marschner.** 2003. Structure and function of the soil microbial community in a long-term fertilizer experiment. *Soil Biol. Biochem.* 35:453-461.
- McClung, G., y W.T. Frankenberger.** 1987. Nitrogen mineralization rates in saline vs salt amended soils. *Plant Soil*. 104:13-21.
- 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.
- Richards, L.A.** 1962. Diagnóstico y Evaluación de Suelos Salinos y Sódicos. Secretaría de Agricultura y Ganadería, Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. Limusa. México. 172 p.
- Reynolds, C., D. Wolf, y J. Armbruster.** 1985. Factors related to urea hydrolysis in soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 49:104-108.
- Rodríguez, N.** 2001. Identificación y caracterización de indicadores de sostenibilidad de los tipos de uso de la tierra en las series El Patillal y San Isidro de la Llanura de Coro, estado Falcón. Tesis de Maestría. Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía. 101 p.
- Serrato, S., A. Ortiz, J. López, y S. Berumen. 2002. Aplicación de lavado y estiércol para recuperar suelos salinos en la Comarca Lagunera, México. *Terra*. 20:329-336.
- Soil Survey Staff.** 1987. Keys to Soil Taxonomy (third printing). SMSS Technical monograph N° 6. Ithaca, New York. 354 p.

Tomati, U., A. Grapelli, y E. Galli. 1987. The hormone-like effect of earthworm cast on plant growth. *Biol. Fertil. Soils.* 5:288-294.

Walkley, A. y I.B. Black. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Sci.* 37:29-38.