

EFFECTO DEL AGREGADO DE VERMICOMPOST SOBRE PROPIEDADES FÍSICAS, QUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DE UN HAPLUDOL TÍPICO DE LA PAMPA DEPRIMIDA

ROMINA ROMANIUK¹; LIDIA GIUFFRÉ¹ y ROSARIO ROMERO¹

Recibido: 27/04/10

Aceptado: 12/05/10

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue evaluar los cambios en las propiedades de un suelo ante el agregado de diferentes dosis de vermicompost. El estudio se llevó a cabo en un establecimiento ganadero ubicado en la localidad de General Alvear, en el centro de la provincia de Buenos Aires, sobre un suelo Hapludol thapto-árgico bajo pastizal natural. Se estudiaron los cambios en propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo ante el agregado de dos dosis de vermicompost (10 y 20 Mg ha⁻¹) y su comparación con un testigo. La aplicación del vermicompost tuvo un efecto positivo en la mayoría de las variables estudiadas, principalmente con la mayor dosis (20 Mg ha⁻¹). Las propiedades físicas evaluadas no mostraron cambios significativos, pero sí lo hicieron el contenido de carbono orgánico total, carbono orgánico particulado, carbono soluble, el fósforo extractable, la respiración y el carbono de la biomasa microbiana (p<0,05). El pH y la conductividad eléctrica del suelo aumentaron levemente aunque no de manera significativa.

Palabras clave. Enmiendas orgánicas, Depresión del Salado, actividad microbiana.

VERMICOMPOST APPLICATION EFFECTS ON SOIL PHYSICAL, CHEMICAL AND BIOLOGICAL PROPERTIES IN A HAPLUDOLL OF THE DEPRESS PAMPA

SUMMARY

The aim of this work was to evaluate the changes in soil properties with the application of different amounts of vermicompost. The study was carried out in a cattle field of General Alvear, Buenos Aires, in a Thaptoargic Hapludoll soil under natural vegetation. Two doses of 10 and 20 Mg ha⁻¹ of vermicompost were applied on soils to study the effects on physical, chemical and biological properties. Vermicompost application had a positive effect on most of the chemical and biological soil properties evaluated, especially with the higher dose (20 Mg ha⁻¹). Physical soil properties were not affected by the vermicompost amendment. There were significant increases in total organic carbon, exchangeable phosphorus, particulate organic carbon, soluble organic carbon, basal respiration and microbial biomass carbon (p <0.05). Increases in electrical conductivity and soil pH were not significant.

Key words. Organic amendments, «Depresión del Salado», microbial activity.

INTRODUCCIÓN

El suelo es uno de los recursos naturales más valiosos de la tierra y mantener su salud es una responsabilidad moral de la humanidad. Sin embargo, la urgencia para producir más comida y combustibles está causando un daño irreparable al mismo. La ex-

cesiva fertilización mineral y las prácticas culturales contribuyen a deteriorar su fertilidad y a disminuir notablemente los contenidos de materia orgánica de los mismos. Estas circunstancias han llevado a muchos investigadores a buscar nuevas y mejores estrategias de manejo. La aplicación de residuos orgáni-

¹ Cátedra de Edafología, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires (FAUBA) Av. San Martín 4453. (C1417DSE) Buenos Aires. romaniuk@agro.uba.ar

cos, representa una estrategia de manejo que puede contrarrestar la pérdida de materia orgánica de los suelos (Gaind y Naim, 2006). El uso de enmiendas orgánicas ha sido reconocido como una forma efectiva de mejorar la estructura del suelo, promoviendo su fertilidad, incrementando la materia orgánica, aumentando las poblaciones microbianas, su actividad y diversidad, mejorando el mantenimiento de la humedad de los suelos y aumentando los rendimientos de los cultivos (Follet *et al.*, 1981; Barakan *et al.*, 1995; Lee *et al.*, 2004). Incrementos en la actividad microbiana han sido atribuidos a un efecto de sinergismo de los microorganismos del suelo y la enmienda, y a la estimulación del crecimiento microbiano (Marinari *et al.*, 2000). La magnitud de estos cambios está condicionada por la composición de la enmienda, la dosis de aplicación y el tipo de suelo (Albiach *et al.*, 2001; Tejada y González, 2003).

El vermicompost es una «enmienda orgánica» producida por interacciones entre lombrices y microorganismos del suelo, que resulta en un material con un alto grado de madurez y con elevada porosidad, aireación, drenaje, capacidad de almacenamiento de agua y actividad microbiológica (Edwards y Burrows, 1988). El uso de esta enmienda promueve en forma muy importante la actividad biológica mejorando la capacidad productiva de los suelos en directa relación con una mayor disponibilidad de nutrientes minerales, (Edwards y Burrows, 1988; Werner y Cuevas, 1996; Atiyeh *et al.*, 2000; Mariano *et al.*, 2000) e indirectamente a través de mejoras en las propiedades físicas (Shiralipour *et al.*, 1992; Carpenter-Boggs *et al.*, 2000).

Diferentes estudios han evaluado los efectos de la adición de vermicompost al suelo, reportando aumentos en los contenidos de nitrógeno y carbono orgánico total, y en la actividad microbiológica del suelo (Bolton *et al.*, 1985; Fraser *et al.*, 1988; Pascual *et al.*, 1999; Maheshwarappa *et al.*, 1999; Marinari *et al.*, 2000; Albiach *et al.*, 2000; Arancon *et al.* 2003; Gaind y Naim, 2006). Un estudio realizado por Marinari *et al.* (2000), demostró que el agregado de vermicompost a un suelo bajo cultivo de maíz, aumentó la porosidad total del mismo en un 24% respecto al mismo suelo sin aplicación de la enmienda. La adición de vermicompost mejoró significativamente las propiedades

físicas y biológicas del suelo bajo estudio. Ferreras *et al.* (2005) llevaron a cabo un estudio en el que aplicaron por separado dos dosis diferentes de vermicompost obtenidos a partir de estiércol de caballo y conejo, y de residuos domiciliarios a un suelo de uso hortícola. Los resultados indicaron que el porcentaje de agregados estables al agua aumentó con la aplicación de ambas enmiendas en una dosis de 20 Mg ha⁻¹. El contenido de carbono orgánico y la respiración microbiana también se vieron incrementados.

A pesar de que existen numerosos artículos acerca de los cambios en las propiedades del suelo luego de la aplicación de enmiendas orgánicas, la gran variedad en la naturaleza de las enmiendas y en las condiciones experimentales hacen que muchos resultados sean inconclusos e incluso contradictorios (Albiach *et al.*, 2000). La mayor parte de ellos fueron realizados en invernáculos, siendo aún escasos los trabajos que han informado acerca del efecto de la aplicación de esta enmienda en condiciones de campo (Arancon *et al.*, 2003). De todos modos, la información obtenida puede ser considerada valiosa cuando se la restringe a un área determinada.

El objetivo de este trabajo fue evaluar los cambios en las propiedades físicas, químicas y biológicas de un suelo ante el agregado de diferentes dosis de vermicompost en un establecimiento ganadero ubicado en la localidad de General Alvear.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se llevó a cabo en el establecimiento ganadero «La Zulema», situado en el partido de General Alvear, provincia de Buenos Aires, Argentina. Esta localidad forma parte de la denominada «Depresión del Salado» y se caracteriza por ser una extensa planicie con muy bajo escurrimiento superficial y capas de agua subterránea cercanas a la superficie. La temperatura media para el mes de enero es de 22,5 °C y para el mes de julio de 8,1 °C, siendo la precipitación media de 843 mm. La aptitud global de los suelos se corresponde en general con un uso ganadero, existiendo áreas mixtas con aptitud ganadera-agrícola, y en menor medida agrícola-ganadera.

En el establecimiento el pastoreo se realiza sobre campo natural debido a que la implantación de pasturas se ve dificultada por las características del terreno con predomi-

nio de bajos anegadizos. En las zonas de loma lo que se busca es mejorar el campo natural mediante el agregado de vermicompost (VC) producido en el mismo establecimiento. El compost que se utiliza para la elaboración del VC se produce a partir de estiércoles animales y residuos vegetales, que se amontonan en pilas de 1,5 m de altura sobre el suelo. Cada 30 cm de altura se intercala en el material vegetal una capa de 3 cm de espesor de estiércol para facilitar la colonización por parte de los microorganismos. Para airear, la pila se la voltea con la finalidad de lograr la Pasteurización, la cual se produce cuando se alcanzan altas temperaturas (60-65 °C) y el pH toma valores ácidos (pH 3,5), asegurando la completa aniquilación de patógenos. Pasadas dos semanas de la etapa de Pasteurización, el sustrato se dispone en camas sobre el suelo y se inoculan allí con altas densidades de población de lombrices de la especie *Eisenia fetida* (20.000 lombrices/m²), para que transformen los compuestos orgánicos originales en componentes nutritivos, minerales y ácidos húmicos. Transcurrido de uno a tres meses, según la estación del año, se analiza la calidad del vermicompost. Para considerar que el mismo está en condiciones de ser utilizado debe ajustarse a los siguientes requisitos: poseer un porcentaje de materia orgánica mayor a 20 y de nitrógeno mayor a 0,8, ambos en base seca; siendo la relación carbono/nitrógeno menor a 20. El valor de pH debe estar entre 5,5 y 8; y la conductividad eléctrica debe ser menor a 4.

Los suelos del estudio son Hapludoles thapto-árgicos. El diseño experimental fue completamente aleatorizado y constó de los siguientes tratamientos: suelo con agregado de 10 Mg vermicompost ha⁻¹ (VC 10), suelo con agregado de 20 Mg vermicompost ha⁻¹ (VC 20) y un Testigo sin agregado de vermicompost (T).

La toma de muestras se realizó pasados los 6 meses de la aplicación del vermicompost. La aplicación de la enmienda se realizó superficialmente con una máquina especialmente diseñada para su distribución desarrollada por ingenieros del mismo establecimiento. Se tomaron tres muestras

por situación de 0 a 10 cm de profundidad. En el Cuadro 1 se presentan los datos de la composición del VC producido en el establecimiento.

Las propiedades físicas estudiadas fueron la densidad aparente (DA) según la metodología descrita por Blake, (1965), la textura (Bouyoucos, 1927) expresada como % de arcilla (% A), % de arena (% AR) y % de limo (% L); y la estabilidad estructural (de Leenheer y de Boodt, 1958) expresada como diámetro medio ponderado (DMP). Para la determinación de la estabilidad estructural, el suelo húmedo fue pasado por tamiz de 8 mm, luego secado al aire y tamizado en seco con tamices de 4,76 mm; 3,36 mm y 2,00 mm de abertura. Para el tamizado en húmedo se utilizaron tamices de 4,76 mm; 3,36 mm; 2,00 mm; 1,00 mm; 0,50 mm y 0,30 mm de abertura. Los resultados fueron calculados como diámetro medio ponderado. Para su cálculo, el peso de cada fracción de agregados, es multiplicado por el valor promedio de abertura de malla de esa fracción. La suma de estos productos se denomina DMP. La diferencia entre el DMP del tamizado en seco y el tamizado en húmedo es usada para caracterizar la estabilidad estructural de los suelos.

Dentro de las propiedades químicas y bioquímicas se determinaron el pH actual (Page, 1982), la conductividad eléctrica (Ce) en extracto de saturación (Rhoades, 1982), el fósforo extraíble (Pe) según Bray y Kurtz (1945), el carbono orgánico total (COT) (Nelson y Sommers, 1982), el carbono orgánico particulado (COP) (Cambardella y Elliot, 1992) y el carbono orgánico soluble (COS) (Mazzarino, *et al.*, 1993).

Las propiedades biológicas incluyeron a la respiración en laboratorio (Resp) (Jenkinson y Powlson, 1976) y la determinación del carbono de la biomasa microbiana (CBM) (Vance *et al.*, 1987).

Para evaluar la incidencia del agregado de vermicompost sobre las variables estudiadas, se realizó análisis de variancia y Test de Tukey para comparación de medias entre tratamientos.

CUADRO 1. Caracterización en laboratorio del vermicompost y del suelo testigo.

	Vermicompost	Testigo
Carbono orgánico total (%)	11,24	2,78
Nitrógeno total (%)	0,84	0,23
Fósforo extraíble (mg kg ⁻¹)	237,31	10,19
pH agua 1:2,5	7,21	6,06
Conductividad eléctrica (dS m ⁻¹)	2,69	0,52

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 1 se presentan los datos analíticos del vermicompost utilizado y los correspondientes al suelo del ensayo. Los valores de carbono orgánico total, nitrógeno total y en especial los de fósforo extraíble del vermicompost, son mucho mayores que los correspondientes al suelo. Los valores de pH y conductividad eléctrica son también mayores en el vermicompost. Sin embargo, los valores de pH no son considerados riesgosos para la salud del suelo y/o de la comunidad microbiana, ya que los valores óptimos de pH para el normal funcionamiento de los suelos están en el rango de 6 a 7,5. Los valores de Ce superan a los establecidos para considerar a un suelo o sustrato como salino (2 ds/m), por lo que este parámetro debería ser especialmente monitoreado luego de las aplicaciones del vermicompost.

Propiedades Físicas

En el Cuadro 2 se presentan los valores medios y desvíos estándar para las propiedades físicas evaluadas.

La dosis de VC aplicado al suelo no tuvo efecto estadísticamente significativo sobre las propiedades físicas. Esto puede deberse a que el tiempo transcurrido desde el inicio de la experiencia hasta el momento de los muestreos no fue suficiente como para que estas variables se vean afectada de manera significativa.

La estabilidad estructural y la densidad aparente están relacionadas a la cantidad de materia orgánica

del suelo (Caravaca *et al.*, 2002), por lo cual era esperable una disminución de dichos parámetros (DMP y DA) con la aplicación de la enmienda. Los resultados indican que si bien las diferencias entre tratamientos no fueron significativas, se observa una tendencia a la disminución del DMP y de la DA con la mayor dosis de VC (20 Mg ha⁻¹). El aporte de enmiendas orgánicas al suelo puede ayudar a conservar y fomentar la estructura, debido a que la materia orgánica es considerada como un agente activo que favorece la agregación a través de mecanismos físicos y químicos (Mora *et al.*, 2001; Laird *et al.*, 2001; Sánchez Hernández *et al.*, 2005). Sánchez Hernández *et al.* (2006) informaron que el DMP disminuyó en relación directa a las dosis de la enmienda orgánica aunque las diferencias no fueron estadísticamente significativas. Nuñez y Bisbal (1999) determinaron que el aporte de 60 Mg m⁻³ de vermicompuesto incrementó la estabilidad de los agregados, favoreciendo la formación de macroagregados mayores a 3,36 mm. Esto concuerda con lo expuesto por Whalen *et al.* (2003) quienes señalaron que el DMP se incrementó linealmente con el aumento en las dosis de vermicompost.

Propiedades químicas y bioquímicas

En la Figura 1 se presentan los cambios en los valores de pH y Ce luego de la aplicación del VC.

Los resultados muestran un aumento significativo en el pH del suelo con la mayor dosis aplicada, de 20 Mg ha⁻¹ (P<0,05). El aumento del pH fue conse-

CUADRO 2. Valores medios \pm desvío estándar para las propiedades físicas evaluadas. %A: porcentaje de arcilla, %L: porcentaje de limo, %AR: porcentaje de arena, DMP: diámetro medio ponderado, DA: densidad aparente.

	T	VC 10	VC 20
% A	15 \pm 0,75 a	14,2 \pm 1,44 a	15 \pm 1,44 a
% AR	60 \pm 1,44 a	59,2 \pm 1,44 a	60 \pm 0,75 a
% L	25 \pm 0,75 a	26,6 \pm 1,44 a	25 \pm 1,24 a
DA (g/cm ³)	1,26 \pm 0,13 a	1,26 \pm 0,27 a	1,24 \pm 0,44 a
DMP (mm)	113 \pm 30,73 a	113 \pm 12,13 a	99 \pm 14,02 a

Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos. Test de Tukey (p<0,05).

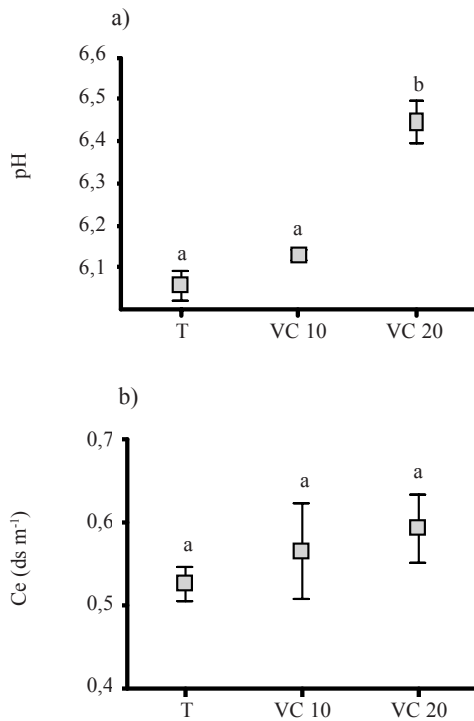


FIGURA 1. Valores medios y desvíos estándar de (a) pH y (b) Conductividad eléctrica (Ce). Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0,05$). Test de Tukey.

cuencia del mayor valor de pH de la enmienda (ver Cuadro 1) en relación al pH del suelo (valor de pH del testigo). Sin embargo, los valores obtenidos no hacen a la enmienda peligrosa para ser aplicada en altas dosis, ya que los valores se mantuvieron cercanos a la neutralidad. El aumento de la conductividad eléctrica del suelo con las dosis de VC aplicadas no fue significativa ($P < 0,05$). Sin embargo, la nítida tendencia al aumento de la conductividad eléctrica y del pH del suelo, con la dosis de la enmienda aplicada, indican la necesidad de su monitoreo.

En la Figura 2 se presentan los valores medios para el fósforo extraíble (Pe), carbono orgánico total (COT), carbono orgánico particulado (COP) y carbono orgánico soluble (COS).

Se observa un efecto positivo del agregado de vermicompost sobre el contenido de fósforo extractable con la dosis de 20 Mg ha⁻¹ (Fig. 2a). El tratamiento de 10 Mg ha⁻¹ de VC no difirió significativamente del testigo.

Estos datos coinciden con los publicados por Carter *et al.* (1991), donde luego de la aplicación del VC, el contenido de Pe se incrementó significativamente, atribuyendo estos resultados a aumentos en la actividad enzimática de las fosfatasa de las lombrices.

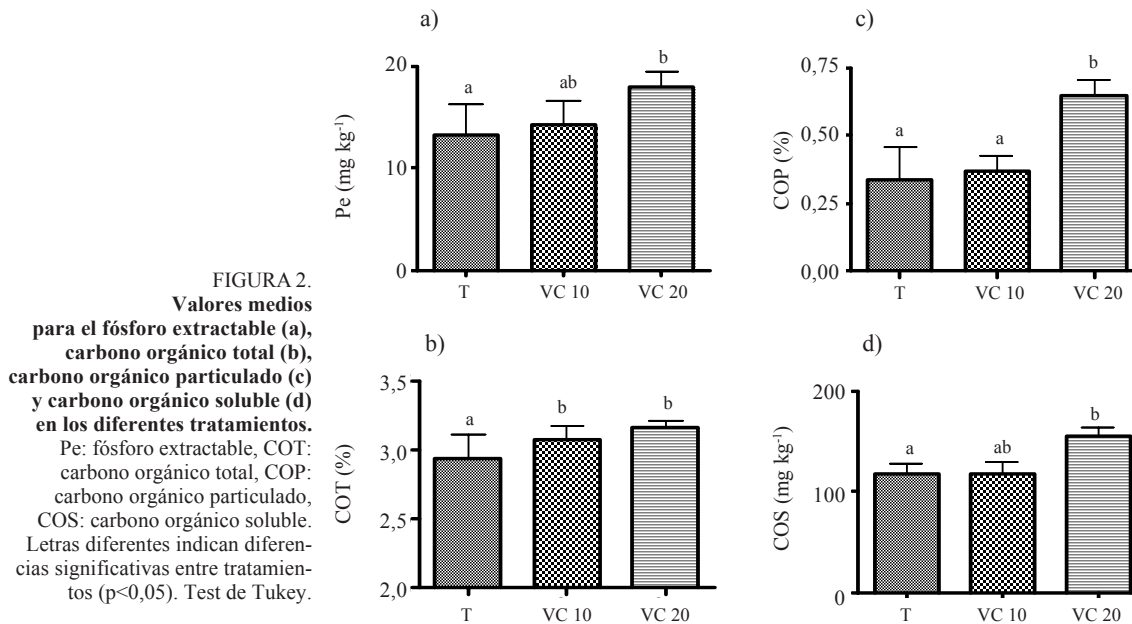


FIGURA 2. Valores medios para el fósforo extraíble (a), carbono orgánico total (b), carbono orgánico particulado (c) y carbono orgánico soluble (d) en los diferentes tratamientos. Pe: fósforo extraíble, COT: carbono orgánico total, COP: carbono orgánico particulado, COS: carbono orgánico soluble. Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0,05$). Test de Tukey.

En la Figura 2.b se observa que el agregado de VC produjo un aumento significativo ($P < 0,05$) en el contenido de carbono orgánico total (COT) en los primeros 10 cm del perfil con ambas dosis de la enmienda aplicada. Sin embargo, no hubo diferencias entre dosis. El elevado aporte de carbono que se hace sobre un suelo enmendado con vermicompost aumenta el porcentaje de materia orgánica de manera muy importante.

Datos similares a los obtenidos en el presente trabajo fueron presentados por Leifeld *et al.* (2001), quienes señalaron que la acumulación de C orgánico en la fracción más fina del suelo ocurre inmediatamente después de la aplicación del vermicompost, presumiblemente por la acelerada absorción de los sitios no ocupados en la matriz mineral del suelo.

El agregado del VC al suelo produjo un aumento considerable de la concentración del carbono orgánico particulado (COP) con el aumento de la dosis, como se observa en la Figura 2.c, aunque el análisis estadístico sólo determinó un efecto significativo cuando se aplicó la dosis más alta al suelo ($P < 0,05$). De acuerdo con Bresson *et al.* (2001) la adición de vermicompost al suelo representó un importante aporte de carbono orgánico particulado, el cual permite incrementar la estabilidad de los agregados. Fortuna *et al.* (2003) argumentaron que en los materiales compostados, el C se encuentra como carbono orgánico particulado hasta en un 85%, por lo que el aporte de vermicompost a los suelos, permite incrementar el C hasta en un 45%, lo que ayuda a incrementar la estabilidad estructural, particularmente la de los macroagregados. En el presente trabajo el aumento en el COP no se vio reflejado en incrementos de la estabilidad estructural, al menos en forma significativa.

En la Figura 2.d se observa que el agregado de VC al suelo en una dosis de 10 Mg ha^{-1} no afectó significativamente el contenido de carbono soluble edáfico al compararlo con el suelo sin aplicación de la enmienda, pero sí hubo un efecto positivo en dicho parámetro cuando la dosis de aplicación fue de 20 Mg ha^{-1} . Estos resultados coinciden con los presentados por Sánchez Hernández *et al.* (2006) quienes informaron un aumento en el contenido de carbono orgánico lábil luego de la aplicación de 60 Mg ha^{-1} de vermicompost.

Propiedades biológicas

La respiración microbiana medida en laboratorio (Fig. 3.a) fue significativamente afectada por la dosis de VC aplicada al suelo. Los mayores valores se obtuvieron con la dosis más alta de la enmienda, los cuales difirieron de los valores obtenidos con 10 Mg ha^{-1} de VC, y a su vez estos fueron significativamente mayores a los del testigo. Es decir, que la respuesta del parámetro fue proporcional a la dosis aplicada.

Muchos autores han informado que la fertilización orgánica provoca un aumento en la actividad biológica de los suelos (Bolton *et al.*, 1985; Fraser *et al.*, 1988; Kirckner *et al.*, 1993). La mayor parte del carbono aportado por enmiendas orgánicas comprende material parcialmente descompuesto, fácilmente utilizable como fuente de energía y nutrientes por los microorganismos del suelo, resultando en un

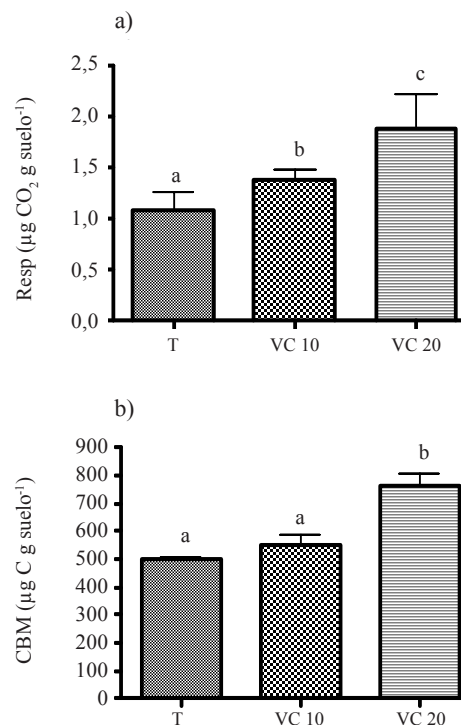


FIGURA 3. Valores medios de (a) respiración basal (Resp) y (b) carbono de biomasa microbiana (CBM) para los diferentes tratamientos. Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0,05$). Test de Tukey.

aumento de la respiración microbiana edáfica (Stevenson, 1986). Insam *et al.* (1991) hallaron que los suelos no tratados con VC o que recibían pequeñas cantidades de la enmienda tenían una actividad respiratoria por unidad de biomasa menor que los que recibían cantidades mayores de la misma. Brookes *et al.*, (1990) no encontraron diferencias en la respiración microbiana con el agregado de vermicompost. Según los autores, estos resultados pudieron deberse a que la gran masa microbiana presente se vio impedida de realizar la descomposición de esa importante cantidad de material con alto contenido de carbono por carecer de cantidad suficiente de N disponible.

La aplicación del VC al suelo en una dosis de 20 Mg ha⁻¹ produjo un aumento significativo del carbono de la biomasa microbiana (Fig. 3.b). El C es un factor importante en el desarrollo de la biomasa microbiana del suelo (Goyal *et al.*, 1993). La principal causa del aumento en la población de microorganismos en suelos enmendados con VC es debido al aumento en C disponible como fuente de energía, lo cual permite a las poblaciones de microbios multiplicarse rápidamente luego de la aplicación de la enmienda (Sastre *et al.*, 1996). Arancon *et al.* (2003) informaron que suelos tratados con VC tuvieron una cantidad significativamente mayor de biomasa microbiana que los que recibieron solamente fertilización inorgánica. Pascual *et al.* (1999) también informaron aumentos significativos en el carbono de la biomasa microbiana en respuesta a tratamientos con enmiendas al suelo. Sin embargo, en un estudio llevado a cabo por Albiach *et al.* (2000), en el que se aplicó vermicompost a un suelo hortícola, no se observó efecto de la adición del mismo sobre la biomasa microbiana edáfica atribuyendo estos resultados a la gran variabilidad espacial y temporal de la biomasa en el lote del experimento, con lo que el efecto del tratamiento no fue lo suficientemente importante para generar resultados significativos.

CONCLUSIONES

El agregado de vermicompost no produjo cambios significativos en la textura, estabilidad estructural y densidad aparente del suelo. El DMP y la DA mostraron una tendencia a disminuir sus valores con la mayor dosis de la enmienda aplicada (20 Mg ha⁻¹). El tiempo transcurrido entre el inicio del experimento y la toma de muestras pudo no haber sido suficiente para generar un efecto relevante en dichas características edáficas.

Se observó un aumento generalizado del carbono orgánico total (COT) y lábil (COP y COS) del suelo con la aplicación de la enmienda, sobre todo con la dosis más alta de 20 Mg ha⁻¹. El fósforo extraíble respondió de manera positiva sólo cuando se aplicó la mayor dosis de vermicompost.

La aplicación del VC no incrementó significativamente los valores de Ce del suelo en las dosis utilizadas a pesar de que el VC presentó elevados valores para este parámetro. El valor de pH del suelo aumentó significativamente sólo con la dosis de 20 Mg ha⁻¹, llegando a valores de 6,5, los cuales no representan riesgo alguno para el normal funcionamiento del suelo y desarrollo vegetal. Sin embargo, ambos parámetros (pH y Ce) deberían ser monitoreados con el tiempo debido a la tendencia a incrementar sus valores, en especial cuando el vermicompost se aplicó a razón de 20 Mg ha⁻¹.

La actividad microbiológica y población microbiana del suelo aumentaron proporcionalmente con la dosis de VC aplicada, tal como lo muestran los efectos positivos sobre la respiración y la biomasa microbiana. La respiración fue el parámetro más sensible a la aplicación del vermicompost ya que los cambios observados fueron proporcionales a la dosis de la enmienda utilizada, mientras que la biomasa microbiana fue afectada significativamente sólo con la dosis más alta de la enmienda.

BIBLIOGRAFÍA

- ALBIACH, R.; R. CANET; F. POMARES and F. INGELMO. 2000. Microbial biomass content and enzymatic activities after the application of organic amendments to a horticultural soil. *Bioresource Technology* 75: 43-48.
- ARANCON, N.; C. EDWARDS; P. BIERMAN; C. WELCH and J.D. METZGER. 2003. Influences of vermicomposts on field strawberries: Part 1. *Effects on growth and yields* 93: 145-153.
- ATIYEH, R.M.; N. ARANCON; C.A. EDWARDS and J.D. METZGER. 2000. Influence of earthworm-processed pig manure on the growth and yield of greenhouse tomatoes. *Bioresource Technology* 75(3): 175-180.
- BARAKAN, F.N.; S.H. SALEM; A.M. HEGGO and M.A. BIN-SHIHA. 1995. Activities of rhizosphere microorganisms as affected by application of organic amendments in a calcareous loamy soil. 2. Nitrogen transformation. *Arid Soil Research and Rehabilitation* 9(4): 467-480.
- BLAKE, C.R. 1965. Bulk density. In: Black, C.A. (ed.) *Methods of soil Analysis. I. Physical and mineralogical properties, including statistics of measurement and sampling*. Madison, Wisc., *American Society of Agronomy*, pp. 374-390. (Agronomy Series N° 9).
- BOLTON, H.; R.I. PAPENDICK and D.F. BEZDICEK. 1985. Soil microbial biomass and selected soil enzyme activities: Effects of fertilization and cropping practices. *Soil Biology and Biochemistry* 17: 297-302.
- BOUYOCOS, G.J. 1927. The hydrometer as a new method for the mechanical analysis of soils. *Soil Science*. 23: 343-352.
- BRAY, R.H. and L.T. KURTZ. 1945. Determination of total, organic and available forms of phosphorus in soils. *Soil Science*. 59: 39-45.
- BRESSON, L.M.; C. COCH; Y. LE BISSONNAIS; E. BARRUSO and V. LECOMTE. 2001. Soil surface structure by municipal waste compost application. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 65: 1804-1811.
- BROOKS, P.C.; J.A. OCIO and J. WU. 1990. The soil microbial biomass, its measurement, properties and role in soil nitrogen and carbon dynamics following substrate incorporation. *Soil Microorganisms* 35: 39-51.
- CAMBARDELLA, C.A. and E.T. ELLIOTT. 1992. Particulate Soil Organic-Matter across a Grassland Cultivation Sequence. *Soil Science Society of America Journal*. 56: 777-783.
- CARAVACA, F.; G. MASCIANDARO and B. CECCANTI. 2002. Land use in relation to soil chemical and biochemical properties in a semiarid. Mediterranean environment. *Soil Till. Res.* 68: 23-30.
- CARPENTER-BOGGS, L.; A.C. KENNEDY and J.P. REGANOLD. 2000. Organic and biodynamic management: Effects on soil biology. *Soil Sci. Soc. Am.* 54: 1651-1659.
- CARTER, M.R. 1991. The influence of tillage on the proportion of organic carbon and nitrogen in the microbial biomass of medium-textured soils in a humid climate. *Biology and Fertility of Soils* 11: 135-139.
- DE LEENHEER, L. and M. DE BOODT. 1958. Determination of aggregate stability by the change in mean weight diameter. In: *International Symposium on Soil Structure. Gent. Proceeding*. 24: 290-300.
- EDWARDS, C.A. and I. BURROWS. 1988. The potential of earthworm composts as plant growth media. In: C.A. Edwards and E.F. Neuhauser (eds.), *Earthworms in Environmental and Waste Management*. SPB Academic Publ. b.v., *The Netherlands*, pp. 211-220.
- FERRERAS, L.; E. GÓMEZ; S. TORESANI; I. FIRPO and R. ROTONDO. 2005. Effect of organic amendments on some physical, chemical and biological properties in a horticultural soil. *Bioresource Technology* 97: 635-640.
- FOLLET, R.; R. DONAHUE. and L. MURPHY. 1981. *Soil and Soil Amendments*. Prentice-Hall, Inc., New Jersey.
- FORTUNA, A.; R.R. HARWOOD and E.A. PAUL. 2003. The effects of compost and crop rotation on carbon turnover and the particulate organic matter fraction. *Soil Sci.* 168: 434-444.
- FRASER, D.G.; J.W. DORAN; W.W. SAHS and G.W. LEOSING. 1988. Soil microbial population and activity under conventional and organic management. *J. Environ. Quality* 17: 585-590.
- GAIND, S. and L. NAIN. 2006. Chemical and biological properties of wheat soil in response to paddy straw incorporation and its biodegradation by fungal inoculants. *Biodegradation* 18: 495-503.
- GOYAL, S.; M.M. MISHRA; S.S. DHANKAR; K.K. KAPOOR and R. BATRA. 1993. Microbial biomass turnover and enzyme activities following the application of farmyard manure to field soils with and without previous long-term applications. *Biology and Fertility of Soils* 15: 60-64.
- INSAM, H.; C.C. MITCHELL and J.F. DORMAR. 1991. Relationship of soil microbial biomass and activity with fertilization practices and crop yield of three ultisols. *Soil Biology and Biochemistry* 23: 459-464.

- JENKINSON, D.S. and D.S. POWLSON. 1976. The effects of biocidal treatments on metabolism in soil. V. A method for measuring soil biomass. *Soil Biology and Biochemistry* 8: 209-213.
- KIRCKNER, M.J.; A.G. WOLLUM and L.D. KING. 1993. Soil microbial populations and activities in reduced chemical input agroecosystem. *J. Soil Sci. Am. Society* 57: 1289-1295.
- LAIRD, D.A.; D.A. MARTENS and W.L. KINGERY. 2001. Nature of Clay-Humic Complexes in an Agricultural Soil. I. Chemical, Biochemical, and Spectroscopic Analyses. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 65: 1413-1418.
- LEE, J.J.; R.D. PARK; Y.W. KIM; J.H. SHIM; D.H. CHAE; Y.S. RIM; B.K. SOHN; T.H. KIM and K.Y. KIM. 2004. Effect of food waste compost on microbial population, soil enzyme activity and lettuce growth. *Biores. Technol.* 93: 21-28.
- LEIFELD, J.; S. SIEBERT; R. KÖGEL-KNABNER I. 2001. Stabilization of Composted Organic Matter after Application to a Humus-Free Sandy Mining Soil. *J. Envir. Qual.* 30: 602-607.
- MAHESEWARAPPA, H.P.; H.V. NANJAPPA and M.R. HEGDE. 1999. Influence of organic manures on yield of arrowroot, soil physico-chemical and biological properties when grown as intercrop in coconut garden. *Ann Agric Res.* 20: 318-323.
- MARINARI, S.; G. MASCIANDARO; B. CECCANTI and S. GREGO. 2000. Influence of organic and mineral fertilisers on soil biological and physical properties. *Biores. Technol.* 72: 9-17.
- MAZZARINO, M.J.; L. SZOTT and M. JIMÉNEZ. 1993. Dynamics of soil total C and N, microbial biomass, and water-soluble C in tropical agroecosystems. *Soil Biology and Biochemistry* 25: 205-214.
- MORA, G.M.; C.H.V. ORDAZ; J.Z. CASTELLANOS; S.A. AGUILAR; F. GAVI F y H.V. VOLKE. 2001. Sistemas de labranza en algunas propiedades físicas en un vertisol, después de cuatro años de manejo. *Terra* 19: 67-74.
- NELSON, D.W. and L.E. SOMMERS. 1982. Total carbon, organic carbon and organic matter. Page A.L. (Ed). Methods of soil analysis. Part 2. American Society of Agronomy, USA, *Agronomy* 9: 539-579.
- NÚÑEZ, U.M.C. y E. DE BISBAL. 1999. Efecto de la compactación del suelo sobre algunos parámetros morfológicos del desarrollo radical del maíz. *Agron. Trop.* 49: 93-106.
- PAGE, A.L. 1982. Ed. Methods of soil Analysis. Part 2. Chemical and microbiological PROPERTIES. 2nd Edition. Madison, Wisc. USA, American Society of Agronomy (Agronomy Series No. 9).
- PASCUAL, J.A.; T. HERNÁNDEZ and C. GARCÍA. 1999. Lasting microbiological and biochemical effect of the addition of municipal solid waste to an arid soil. *Biology and Fertility of Soils* 30: 1-6.
- RHOADES, J.D. 1982. Soluble salts. In: Page A.L. Miller, R.H. and Keendy D.R. Ed. Methods of soil Analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties. 2nd Ed. Madison, Wisc., American Society of Agronomy, pp. 167-179. (Agronomy Series No. 9).
- SÁNCHEZ HERNÁNDEZ, R.; V.M. ORDAZ CHAPERRO y G.S. BENEDICTO VALDES. 2005. Cambios en las propiedades físicas de un suelo arcilloso por aportes de lombricompost de cachaza y estiércol. *INCI* 30(12): 775-779. ISSN 0378-1844.
- SÁNCHEZ HERNÁNDEZ, R.; V.M. ORDAZ CHAPERRO; G.S. BENEDICTO VALDES; C.I. HIDALGO MORENO y D.J. PALMA LÓPEZ. 2006. Regeneración estructural de un suelo arcilloso por aportes de vermicompost en La Chontalpa, Tabasco, México. *Universidad y Ciencia*, vol. 22. pp. 13-26.
- SASTRE, I.; M.A. VICENTE and M.C. LOBO. 1996. Influence of the application of sewage sludge soil microbial activity. *Bior. Technology* 57: 19-23.
- SHIRALIPOUR, A.; W. McCONNELL and W.H. SMITH. 1992. Physical and chemical properties of soil as affected by municipal solid waste compost application. *Biomass Bioenergy* 3: 195-211.
- STEVENSON, F.J. 1986. Cycles of Soil Carbon Nitrogen Phosphorus Sulfur micronutrients. Wiley, New York.
- TEJADA, M. and J.L. GONZÁLEZ. 2003. Effects of the application of a compost originating from crushed cotton gin residues on wheat yield under dryland conditions. *Eur. J. Agron.* 19: 357-368.
- VANCE, E.D.; P.C. BROOKES and D.S. JENKINSON. 1987. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. *Soil Biology and Biochemistry* 19(6): 703-707.
- WERNER, M. and R. CUEVAS. 1996. *Vermiculture in Cuba Biocycle*, vol. 37(6). JG Press, Emmaus, PA, pp. 61-62.
- WHALEN, J.K.; Q. HU and A. LIU. 2003. Compost applications increase water-stable aggregates in conventional and no-tillage systems. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 67: 1842-1847.