

Variación temporal de indicadores microbiológicos y químicos de suelo árido regadío incubado con abonos orgánicos

MARTÍNEZ, L.E.^{1,2}; VALLONE, R.C.^{1,2}; PINO, M.M.¹

RESUMEN

Las características microbiológicas y químicas del suelo cambian por la aplicación de abonos orgánicos y pueden resultar indicadores sensibles al impacto producido. El objetivo de este estudio fue evaluar los cambios a corto plazo en variables microbiológicas y químicas en respuesta a la aplicación de abonos orgánicos bajo condiciones de incubación. Fracciones de suelo sin (testigo) y con agregado de compost y vermicompost fueron incubadas por 90 días a 28 °C y 60% del agua disponible remanente. Cada 10 días se midió actividad microbiana total (AMT), abundancia de bacterias y hongos totales, microorganismos celulolíticos, fijadores de N, amonificadores y nitrificadores, N-NO₃, N total, P-H₂CO₃, K intercambiable y materia orgánica. La AMT y los microorganismos amonificadores y celulolíticos fueron sensibles a la optimización de temperatura y humedad del suelo, y no frente al abonado orgánico. Los microorganismos celulolíticos incrementaron durante la incubación, mientras que la AMT y los amonificadores disminuyeron. La aplicación de vermicompost solo tuvo un efecto inmediato positivo en la población de microorganismos fijadores de N y nitrificadores, pero no perduró en el tiempo. En cambio, el contenido de N total, P-H₂CO₃ y K intercambiable fueron indicadores sensibles potenciales para la evaluación de dicha práctica agronómica en suelos áridos regadíos. Estas características químicas aumentaron con la aplicación de los abonos orgánicos durante 90 días de incubación. El P-H₂CO₃ y K intercambiable fueron más sensibles a la aplicación de compost, del mismo modo que se había observado en el campo. La variación temporal de las características químicas del suelo frente al abonado orgánico mostró mayor diferencia que las microbiológicas convirtiéndose en indicadores sensibles a esa práctica.

Palabras clave: compost, vermicompost, microorganismos del ciclo de carbono y nitrógeno.

ABSTRACT

Microbiological and chemical characteristics of the soil change by the application of organic amendment and could be sensitive indicators to this produced impact. The goal of this study was to evaluate the effect of organic amendments in microbiological and chemical properties under incubation conditions. Soil fractions without (control) and with compost and vermicompost were incubated for 90 days at 28 °C and 60% of remaining water. Total microbial activity (TMA), abundance of bacteria and fungi, cellulolytic, fixing N, ammonifiers and nitrifiers microorganisms, N-NO₃, total N, P-H₂CO₃, exchangeable K and organic matter were measured each ten days. TMA and amonificadores and cellulolytic microorganisms were sensitive at optimization of temperature and soil moisture, and not for organic amendment. Cellulolytic microorganisms increased during incubation, while TMA and amonifiers decreased. N-fixing microorganisms and nitrifiers increased immediately

¹Instituto Nacional de Tecnología Agropecuario (INTA), Estación Experimental Agropecuaria (EEA) Mendoza, San Martín 3853. Luján de Cuyo. Mendoza. Argentina. Correo electrónico: martinez.laura@inta.gob.ar

²Universidad Nacional de Cuyo, Facultad de Ciencias Agrarias, . Alte. Brown 500. Chacras de Coria. Mendoza. Argentina.

after application of vermicompost but not last over time. Instead, total N, P and exchangeable K-H₂CO₃ were potential indicators of this agronomic practice in irrigated arid soils. These chemical characteristics increased with the application of organic amendment during 90 days of incubation. P-H₂CO₃ and exchangeable K were more sensitive to the application of compost, as succeeded in field. Finally, soil chemical characteristics were more sensitive than microbiological to application of organic amendment.

Keywords: compost, vermicompost, microorganisms of carbon and nitrogen cycle.

INTRODUCCIÓN

Las características microbiológicas, abundancia y actividad de los microorganismos suelen usarse como indicadores de fertilidad y sostenibilidad de los suelos y explican la multifuncionalidad de los organismos del suelo que resultan sensibles a los impactos producidos en este (OECD 2001). Un indicador es una variable que a) resume o simplifica y b) cuantifica, mide y comunica información relevante haciendo que un fenómeno o condición de interés se haga perceptible en forma comprensible (Pascual *et al.* 1997). La abundancia y la actividad microbiana total (AMT) de un suelo son excelentes indicadores de su fertilidad ya que responden activa y directamente a las modificaciones del suelo y al medioambiente, particularmente al efecto de los sistemas productivos (Doran y Zeiss, 2000; Filip, 2002; Abril, 2003; Biederbeck *et al.* 2005; Van Diepeningen *et al.*, 2006). Los atributos microbianos fueron indicadores más sensibles en manejos conservacionistas de suelo respecto de los atributos químicos como carbono y nitrógeno orgánico (Biederbeck *et al.*, 2005). Algunos autores observaron un incremento en diferentes variables biológicas, como la AMT, debido a la aplicación de abonos orgánicos; manifestando además, que dicho efecto se produjo a corto plazo y no fue persistente en el tiempo (Pascual *et al.*, 1997; Plaza *et al.*, 2004, 2006; Plaza *et al.*, 2004). El aporte de materia orgánica por el abonado aumenta la cantidad de microorganismos particularmente de los grupos degradadores de los compuestos presentes en los abonos (Gomez *et al.*, 2006; Lejon *et al.*, 2007). Los microorganismos de suelo sensibles a cambios o disturbios realizados en el suelo son los celulolíticos, fijadores de nitrógeno, amonificadores y nitrificadores (Paul y Clark 1989; Torres *et al.*, 2005; Innerebner *et al.*, 2006; Abril, 2003; Biederbeck *et al.*, 2005). Los microorganismos celulolíticos son aquellos que degradan la celulosa y los nitrificadores aquellos que oxidan el amonio producido por los microorganismos amonificadores. En nuestros ensayos previos de aplicación de compost y vermicompost en un viñedo de zonas áridas con riego suplementario, los microorganismos celulolíticos incrementaron en la aplicación de compost en el primer año de aplicación, mientras que los microorganismos amonificadores disminuyeron su población sin diferenciar entre compost y vermicompost (Martinez, 2011). En un suelo similar cultivado con ajo y donde se evaluó el efecto de la aplicación de varios abonos orgánicos, los microorganismos nitrificadores disminuyeron mientras que la AMT aumentó (Filippini

et al., 2012). Respecto de las variables químicas edáficas, uno de los nutrientes del suelo que responde al manejo orgánico es la fracción de P disponible para los cultivos. En un ensayo de 16 semanas de incubación de suelo con compost y vermicompost, el P extraíble se incrementó en las alícuotas que habían recibido vermicompost (Tognetti *et al.*, 2008). Ensayos a campo con abonos orgánicos de dos viñedos de Mendoza pusieron de manifiesto incrementos significativos de P y K en suelo y tejidos foliares tras la aplicación de compost y vermicompost (Vallone *et al.*, 2007; Martinez, 2011). Las interacciones entre el suelo, el cultivo, las coberturas vegetales, como las variaciones de humedad y temperaturas edáficas son factores que influyen en la dinámica poblacional de los microorganismos, movilidad y disponibilidad de nutrientes, dificultando profundizar en aspectos básicos en la temática. Por lo que el objetivo de este estudio fue evaluar los cambios a corto plazo en variables microbiológicas y químicas en respuesta a la aplicación de abonos orgánicos bajo condiciones de incubación.

MATERIALES Y MÉTODOS

En 90 recipientes de 360 cm³ se colocaron alícuotas de 100 g de suelo seco al aire y tamizado por malla de 2 mm. El suelo fue obtenido de un viñedo de la zona de Luján de Cuyo, Mendoza, donde se realizaron ensayos de campo y cuyas características físicoquímicas fueron previamente descriptas. La ubicación geográfica correspondió a 32° 35' 24" S y 68° 31' 12" O, a 921 m de altura sobre el nivel del mar; el clima es árido con 245 mm de lluvia anual y temperaturas máxima media estival de 28,9 °C (Ortiz Maldonado, 2001). Las características físicoquímicas del suelo indicaron que el suelo es de textura franco arenosa, salinidad baja, pH neutro levemente alcalino y de fertilidad buena (tabla 1). Los tratamientos consistieron en la aplicación de abonos orgánicos, un tercio de los recipientes fue abonado con 0,5 g de compost (C), otro tercio con 0,5 g vermicompost (V) y el resto testigos sin abonado (T), bajo un diseño completamente aleatorizado con tres repeticiones. El compost fue obtenido a partir de cama de pollo, chala de ajo y orujo de uva agotado. La duración del compostaje fue de 140 días con volteos y riegos cada 15 días durante la etapa de maduración. El vermicompost fue obtenido a partir de estiércol vacuno, umbelas de cebollas y restos de frutos de tomates. El proceso completo fue de 9 meses y las lombrices fueron colocadas desde el inicio. La

CEes (dS/m)	4,5
pH pasta	7,3
Textura	Franco Arenoso
Nitrógeno Total (mg.kg⁻¹suelo)	685
N-NO₃ (mg.kg⁻¹suelo)	88,7
Fósforo Disponible (mg.kg⁻¹suelo)	4,6
Potasio Intercambiable (mg.Kg⁻¹ suelo)	219
Materia Orgánica (%)	1,4
AMT (mgCO₂.g⁻¹.en 7 días)	0,3
Hongos (log₁₀.g⁻¹ suelo)	4,1
Bacterias (log₁₀.g⁻¹ suelo)	7,1
Celulolíticos (log₁₀.g⁻¹ suelo)	3
Fijadores de N (log₁₀.g⁻¹ suelo)	6,7
Amonificadores (log₁₀.g⁻¹ suelo)	7,8
Nitrificadores (log₁₀.g⁻¹ suelo)	1,8

Tabla 1. Caracterización fisicoquímica, química y microbiológica del suelo.

caracterización química y microbiológica de los abonos se detalla en la tabla 2. A partir del cálculo del peso de capa arable, la dosis corresponde a 10 mg ha⁻¹ en base seca. La incubación duró 90 y bajo condiciones controladas de temperatura (28 °C) y humedad (60% del agua disponible remanente mediante la reposición de agua por pesada). Cada 10 días y en 9 frascos se extrajo una muestra de suelo. Las variables microbiológicas evaluadas fueron: AMT por el método de desprendimiento de CO₂ a 28 °C (Alef y Nannipieri, 1995) abundancia de hongos y bacterias totales por recuento en placa y otros grupos de microorganismos funcionales. Entre estos últimos microorganismos se midieron los celulolíticos, amonificadores, y nitrificadores mediante la técnica de número más probable. Los microorganismos fijadores de N de vida libre fueron medidos por la técnica de recuento en placa con medio selectivo libre de N (Alef y Nannipieri, 1995). Para el recuento de hongos totales se usó agar papa glucosado más antibiótico (streptomicina) y para bacterias agar nutritivo. Las variables químicas fueron: N total por método Kjeldhal, N-NO₃⁻ por arrastre de vapor (Bremner y Kee-

	Compost	Vermicompost
CEes (dS/m)	15,2	6,6
pH pasta	7,3	7,4
Humedad (g%g bh)	14,5	31,7
Cenizas (g%g bh)	30,6	47,8
MO (g%g bh)	54,9	20,5
Nitrógeno Total (%bs)	1,5	1,8
Fósforo Total (%bs)	0,9	0,6
Potasio Total (%bs)	2,2	0,5
AMT (mgCO₂.g⁻¹ en 7 días)	2,9	3,2
Hongos (log₁₀.g⁻¹)	5,7	2,5
Bacterias (log₁₀.g⁻¹)	7,4	5,9
Celulolíticos (log₁₀.g⁻¹)	4,4	6,9
Fijadores de N (log₁₀.g⁻¹)	6,7	3,9
Amonificadores (log₁₀.g⁻¹)	6,6	6,5
Nitrificadores (log₁₀.g⁻¹)	0,8	7

Tabla 2. Caracterización fisicoquímica, química y microbiológica de los abonos orgánicos utilizados.

	AMT	Bacterias	Hongos	Celulolíticos	Fijadores de N	Amonificadores
Modelo	<0,0001*	<0,0001*	<0,0001*	0,0003*	0,0003*	<0,0001*
Tratamiento	0,0105**	0,0179	0,004	0,572	0,9289	0,1864
Días	<0,0001**	<0,0001	<0,0001	0,6422	0,0003	<0,0001**
TxD	0,731	0,002**	<0,0001**	0,6422	0,0048**	0,3516

Tabla 3. Distribución de los valores p obtenidos del análisis factorial para una de las variables microbiológicas y químicas evaluadas.

ney, 1965), $P\text{-H}_2\text{CO}_3$ por extracción carbónica (Nijensohn, 1991), K intercambiable con acetato de amonio 1N pH=7 y materia orgánica por oxidación con dicromato de potasio (Page *et al.*, 1982). Los tratamientos se ensayaron por triplicado mediante un diseño factorial con tres niveles para el factor tratamiento (compost, vermicompost y testigo) y diez niveles para el factor días de incubación (0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, y 90). Los resultados fueron sometidos a análisis de varianza factorial y prueba de comparación múltiple de medias según test de Scott & Knott ($p \leq 0,05$) utilizando el programa estadístico Infostat versión 2010.

RESULTADOS

Los niveles de significancia del análisis de la varianza factorial ocasionaron efectos diferentes en todas las variables químicas y microbiológicas evaluadas, observando un efecto principal o presencia de interacción entre factores (tabla 3). La AMT no mostró una interacción entre el tiempo de incubación y tratamiento, sino que ambos factores influyeron de forma independiente. La actividad disminuyó durante el ensayo de incubación, en los primeros 20 días se produjo la mayor AMT (0 días: $0,26 \text{ mgCO}_2 \text{ g}^{-1}\text{suelo}$ en 7 días; 10 días: $0,26 \text{ mgCO}_2 \text{ g}^{-1}\text{suelo}$ en 7 días, 20 días: $0,28 \text{ mgCO}_2 \text{ g}^{-1}\text{suelo}$ en 7 días) mientras que a los 90 días ($0,04 \text{ mgCO}_2 \text{ g}^{-1}\text{suelo}$ en 7 días) fue la menor. Respecto del tratamiento, la aplicación de compost ($0,17 \text{ mgCO}_2 \text{ g}^{-1}\text{suelo}$ en 7 días) con el testigo ($0,18 \text{ mgCO}_2 \text{ g}^{-1}\text{suelo}$ en 7 días) favorecieron más que la de vermicompost ($0,14 \text{ mgCO}_2 \text{ g}^{-1}\text{suelo}$ en 7 días) (figura 1a). El mismo comportamiento fue observado en los microorganismos amonificadores, al inicio del ensayo fueron predominantes ($7,61$ y $7,53 \log_{10} \text{ g}^{-1}$ para 0 y 20 días, respectivamente) y el descenso de la población se manifestó a partir de los 50 días (figura 2c). En cambio, la población de hongos y los microorganismos celulolíticos mostraron un incremento hacia el final del ensayo. La abundancia menor en los microorganismos celulolíticos se observó a los 30 y 40 días ($2,72$ y $2,90 \log_{10} \text{ g}^{-1}$, respectivamente) y la mayor a los 60, 80 y 90 días ($3,92$; $4,04$ y $4,06 \log_{10} \text{ g}^{-1}$, respectivamente) (figura 2a). Y los hongos mostraron su incremento al fin del ensayo en los suelos que habían recibido abono orgánico y testigo (figura 1c).

El impacto de la aplicación de un abono orgánico afectó positivamente, desde el punto de vista la funcionalidad de los microorganismos del suelo, ya que la aplicación de ver-

micompost tuvo un efecto inmediato en el aumento de la población de los microorganismos fijadores de N respecto de la del compost aunque no haya permanecido durante el ensayo (figura 2c). En cambio, fue negativo en las poblaciones nativas de bacterias y hongos del suelo, debido a que se observó una notable diferencia de esas poblaciones en los suelos testigo respecto de los abonados (figura 1b y c).

Respecto de las características químicas, el N total, $P\text{-H}_2\text{CO}_3$ y K intercambiable mostraron incremento tras la aplicación de compost, comparadas con la de vermicompost y mantuvieron esa diferencia en la mayor parte del tiempo de la incubación (figura 3). El $P\text{-H}_2\text{CO}_3$ en los suelos con compost fue mayor a 0, 20, 30, 40, 50, 60, 70 días mientras que al final del ensayo se igualó a la de vermicompost, pero siempre superior al testigo. Al final del ensayo el $P\text{-H}_2\text{CO}_3$ en los suelos con compost y vermicompost fue $6,24 \text{ mg kg}^{-1}$ y $6,21 \text{ mg kg}^{-1}$, respectivamente, respecto del testigo que fue $5,33 \text{ mg kg}^{-1}$ (figura 3c). Similar comportamiento fue hallado en el K intercambiable donde el compost fue mayor durante los 90 días de ensayo. Al finalizar los suelos con compost (299 mg kg^{-1}) estuvieron por encima de los suelos con vermicompost (249 mg kg^{-1}) y testigo (242 mg kg^{-1}) (figura 3d).

El contenido de nitrógeno total fue mayor en los suelos con abono orgánico respecto del testigo al inicio del ensayo y 40, 50, 70, 80, 90 días. A los 90 días de la aplicación de compost, el N total fue 711 mg kg^{-1} para las aplicaciones de compost, y 708 mg kg^{-1} las de vermicompost respecto del testigo que finalizaron en 680 mg kg^{-1} . En cambio en N-NO_3 mostró un incremento al inicio del ensayo en los suelos con abonos orgánicos, pero al final del ensayo se revirtió este resultado, que fue menor en los suelos con compost y vermicompost (figura 3b). El contenido de materia orgánica mostró un incremento luego de los 60 días, pero no se diferenciaron entre tratamientos (figura 3e).

DISCUSIÓN

Indicadores microbiológicos

Los microorganismos celulolíticos y amonificadores fueron sensibles indicadores de los suelos áridos regadíos frente a la optimización de condiciones de temperatura y humedad, por lo que un cambio en este aspecto es más importante que un leve aporte de materia orgánica en esos suelos. Los microorganismos celulolíticos incrementaron durante la incubación, mientras que los amonificadores dis-

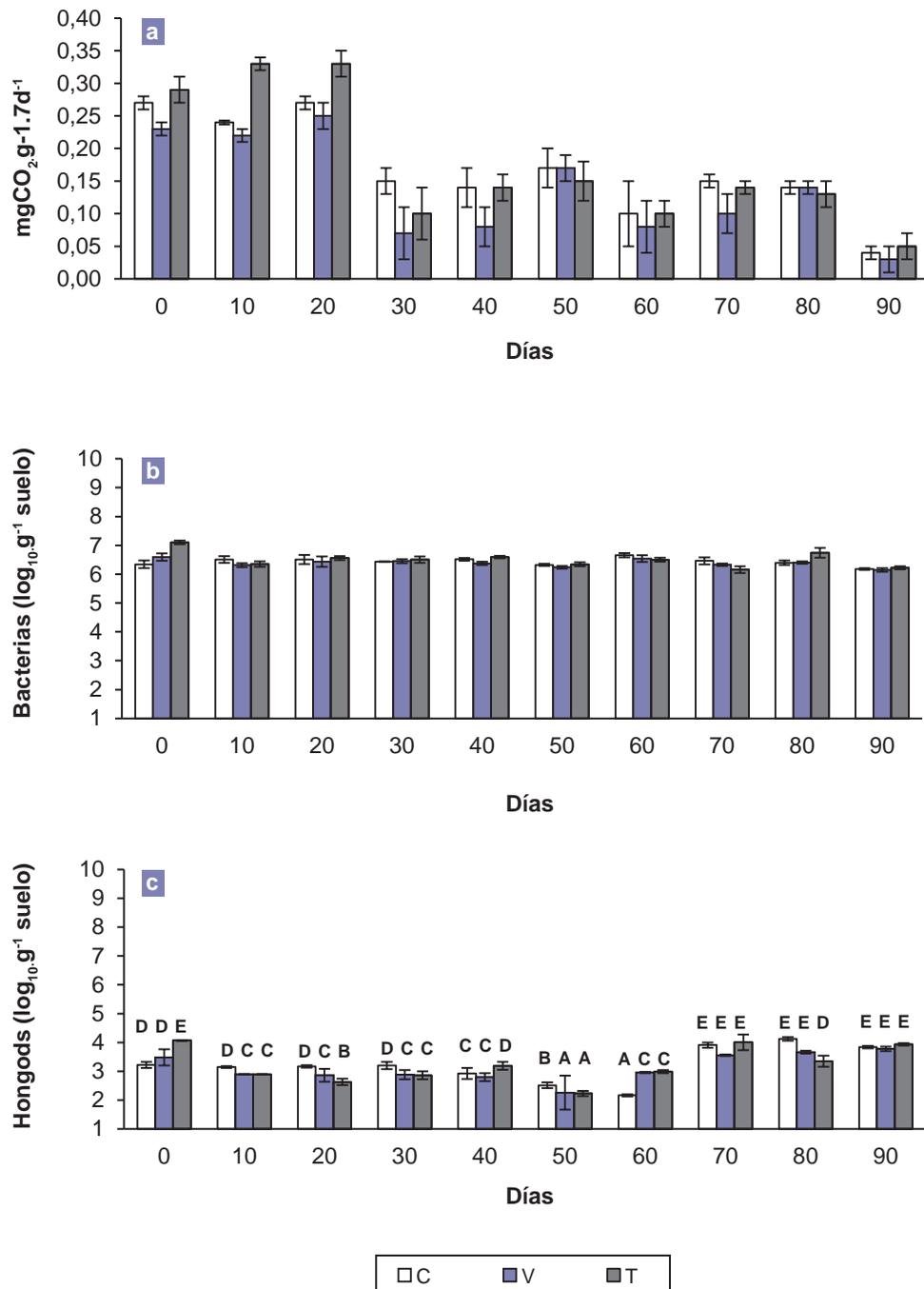


Figura 1. Actividad microbiológica total (a) y abundancia de bacterias (b) y hongos (c) totales distribuidas por tratamiento y en función de los días de incubación. Las barras verticales indican el error estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas en la interacción de factores según prueba de medias Scott & Knott ($p \leq 0,05$).

minuyeron sin diferenciar entre tratamientos. Estos resultados ya habían sido detectado en un ensayo a campo bajo condiciones experimentales similares (Martinez, 2011). El comportamiento de los amonificadores fue muy similar al de la AMT. Esto podría relacionar a estos microorganismos con la actividad global microbiana de ese sistema edáfico. Esta variación en el tiempo de la AMT no discriminó los suelos con o sin abono orgánico, ya que la aplicación

de compost fue tan favorable como el testigo. Este efecto estaría relacionado con una reactivación de la biota nativa del suelo por la optimización de las condiciones ambientales. Los suelos presentarían una flora microbiana nativa potencial que sería posible de dinamizar frente a condiciones bióticas favorables. El descenso de la AMT a través del tiempo se lo relacionó con una maduración del ecosistema a través de una optimización energética por la sucesión mi-

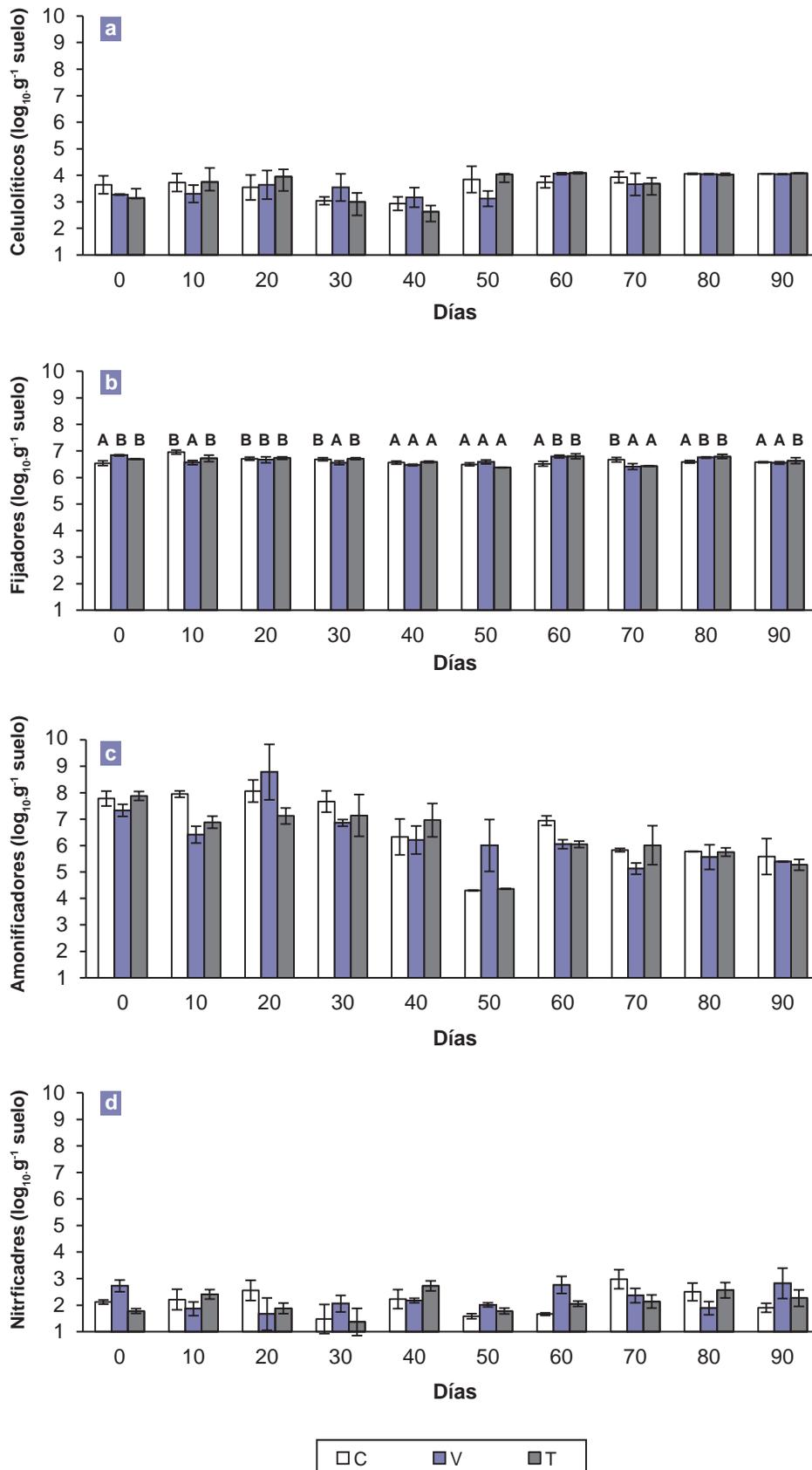


Figura 2. Microorganismos celulolíticos (a), fijadores de nitrógeno (b), amonificadores (c), nitrificadores (d) distribuidas por tratamiento y en función de los días de incubación. Las barras verticales indican el error estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas en la interacción de factores según prueba de medias Scott & Knott ($p \leq 0,05$).

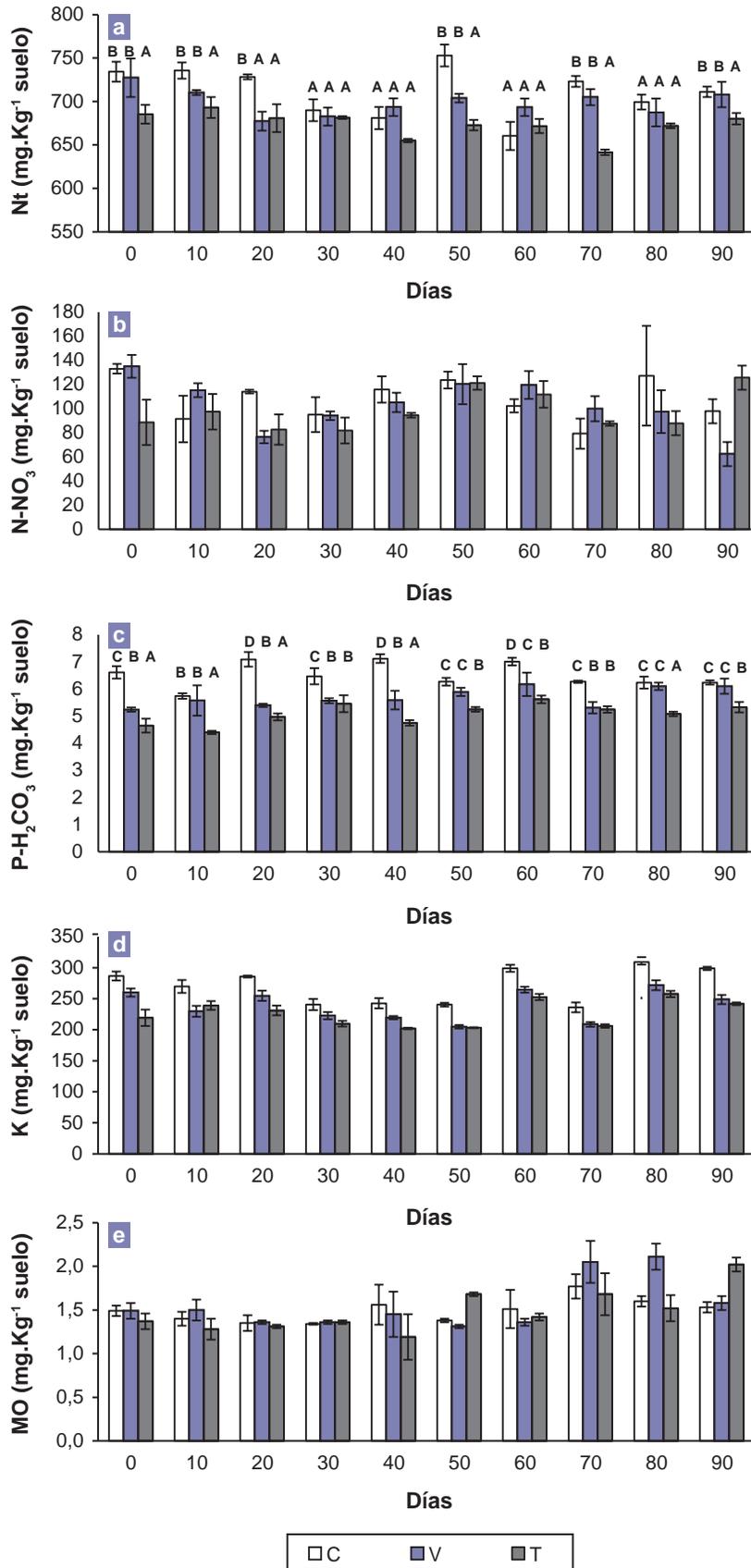


Figura 3. Contenido de N total, N-NO₃, P disponible, K intercambiable expresados en mg Kg⁻¹ y MO expresada en % distribuidos por tratamiento y en función de los días de incubación. Las barras verticales indican el error estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas en la interacción de factores según prueba de medias Scott & Knott (p≤0,05).

crobiana natural (Plaza *et al.*, 2006). Algunos autores consideraron que la AMT podría ser utilizada como indicador de calidad de suelo, pero nosotros solo lo pudimos detectar frente a la optimización de temperatura y humedad (Doran y Zeiss, 2000; Filip, 2002; Abril, 2003; Biederbeck *et al.*, 2005; Van Diepeningen *et al.*, 2006)

Los microorganismos celulolíticos ya habían resultado sensibles a impactos producidos en el suelo (Abril *et al.*, 2005; Paul y Clark, 1989; Abril, 2003; Biederbeck *et al.*, 2005), pero el bajo aporte de materia orgánica por los abonos no fue el factor determinante para el aumento de los microorganismos degradadores de carbono (Bastida *et al.*, 2007; Gomez *et al.*, 2006; Lejon *et al.*, 2007). Esto se dedujo también ya que el incremento de los microorganismos celulolíticos presentó un crecimiento similar al de la materia orgánica. De lo que se podría destacar dos aspectos para analizar más adelante, y es que los microorganismos celulolíticos aprovecharían los nutrientes aportados por el deceso de los amonificadores o que la materia orgánica comienza a consolidarse en materiales más recalcitrantes y estables donde los microorganismos podrían multiplicarse.

Indicadores químicos

Las características químicas del suelo que mejor expresaron su sensibilidad frente a la aplicación de los abonos orgánicos fueron el contenido de N total, P-H₂CO₃ y K intercambiable. El P-H₂CO₃ en los suelos con compost fue mayor a 0, 20, 30, 40, 50, 60, 70 días mientras que al final del ensayo se igualó a la de vermicompost, pero los suelos con abonos fueron superiores al testigo. Similar comportamiento fue hallado en el K intercambiable donde el compost fue mayor durante los 90 días de ensayo, por encima de los suelos con vermicompost y testigo (figura 3). El contenido de nitrógeno total fue mayor en los suelos con abono orgánico respecto del testigo al inicio del ensayo y 40, 50, 70, 80, 90 días. En cambio en N-NO₃ mostró un incremento al inicio del ensayo en los suelos con abonos orgánicos, pero al final del ensayo se revierte este resultado al ser menor en los suelos con compost y vermicompost. El efecto de la aplicación de abonos orgánicos en todos los nutrimentos edáficos resaltó la importancia de aplicación de abonos orgánicos en la fertilidad edáfica y la disponibilidad de ellos para la planta en suelos áridos regadíos. La disponibilidad de nutrientes por el abonado orgánico ha quedado evidenciada en ensayos de campo con el aumento de crecimiento vegetativo y reproductivo y contenidos foliares de macronutrimentos de cultivos (Vallone *et al.*, 2007; Tognetti *et al.*, 2008; Martinez, 2011).

CONCLUSIÓN

La variación temporal de las características químicas del suelo frente al abonado orgánico mostró mayor diferencia que las microbiológicas resultando en indicadores sensibles a la práctica agronómica. El contenido de N total, P-H₂CO₃ y K intercambiable fueron indicadores sensibles potenciales a pesar de la dosis baja de abono orgánico

aplicado. Estos nutrientes edáficos aumentaron con la aplicación de los abonos orgánicos durante los 90 días de incubación. Respecto del tipo de abono, el compost afectó mayormente el contenido de P-H₂CO₃ y K intercambiable, de la misma manera que se había observado en el campo. Para el caso de las características microbiológicas, la AMT, los microorganismos amonificadores y celulolíticos fueron sensibles a la optimización de temperatura y humedad del suelo, y no frente al abonado orgánico. Los microorganismos celulolíticos incrementaron durante la incubación, mientras que los amonificadores disminuyeron.

BIBLIOGRAFÍA

- ABRIL, A. 2003. ¿Son los microorganismos edáficos buenos indicadores de impacto productivo en los ecosistemas? *Ecol. Austral* 13: 195-204.
- ABRIL, A.; BARTTFELD, P.; BUCHER, E. 2005. The effect of fire and overgrazing disturbs on soil carbon balance in the dry chaco forest. *Ecol. Manage* 206: 399-405.
- ALEF, K.; NANNIPIERI, P. 1995. *Methods in applied soil microbiological and biochemistry*. Academic Press. Londres.
- BASTIDA, F.; KANDELER, E.; HERNÁNDEZ, T.; GARCÍA, C. 2007. Long-term effect of municipal solid waste amendment on microbial abundance and humus-associated enzyme activities under semiarid conditions. *Microb. Ecol.* 55 (4): 651-61.
- BIEDERBECK, V.; ZENTNER, R.; CAMPBELL, C. 2005. Soil microbial populations and activities as influenced by legume green fallow in a semiarid climate. *Soil Biol. Biochem.* 37 (10): 1775-84.
- BREMNER, J.; KEENEY, D. 1965. Steam distillation methods for determination of ammonium, nitrate, and nitrite. *Anal. Chim. Acta* 32: 485-95.
- DORAN, J.; ZEISS, M. 2000. Soil health and sustainability: managing the biotic component of soil quality. *Appl. Soil Ecol.* 15: 3-11.
- FILIP, Z. 2002. *International Approach to Assessing Soil Quality by Ecologically-Related Biological Parameters*. *Agric. Ecosyst. Environ.* 88: 169-74.
- FILIPPINI, M.; ABRIL, A.; CONY, M.; NOÉ, L.; VENIER, M.; CÓN SOLI, D.; VALLONE, R. 2012. Effects of organic amendment application on soil quality and garlic yield in central-western Argentina. *Open Agric. J.* 6: 1-8.
- GOMEZ, E.; FERRERAS, L.; TORESANI, S. 2006. Soil bacterial functional diversity as influenced by organic amendment application. *Bioresour. Technol.* 97 (13): 1484-89.
- INNEREBNER, G.; KNAPP, B.; VASARA, T.; ROMANTSCHUK, M.; INSAM, H. 2006. Traceability of ammonia-oxidizing bacteria in compost-treated soils. *Soil Biol. Biochem.* 38 (5): 1092-1100.
- LEJON, D.; SEBASTIA, J.; LAMY, I.; CHAUSSOD, R.; RANJARD, L. 2007. Relationships between soil organic status and microbial community density and genetic structure in two agricultural soils submitted to various types of organic management. *Microb. Ecol.* 53: 650-63.
- MARTINEZ, L. 2011. Efecto de aplicación de abonos orgánicos sobre las características fisicoquímicas y microbiológicas de suelos bajo cultivo de vid en Mendoza. Universidad de Buenos Aires.
- NIJENSOHN, L. 1991. Fósforo extraíble con agua carbonicada en el diagnóstico del nivel de fertilidad fosfórica en suelos aluviales regadíos. *Actas La II Jorn. Nac. Fósforo Del Suelo*. *Asoc. Argentina La Cienc. Del Suelo*, 32-36.
- ORTIZ MALDONADO, A. 2001. *Distribución geográfica de los elementos meteorológicos principales y adversidades de Mendoza*. Bodegas de Argentina. Ediciones Trunfar.

PAGE, R.; MILLER, H.; KEENEY, D. 1982. Methods of soil analysis Part 2 - Chemical and Microbiological Properties.

PASCUAL, J.; GARCIA, C.; HERNANDEZ, T.; AYUSO, M. 1997. Changes in the microbial activity of an arid soil amended with urban organic wastes. *Biol. Fertil. Soils* 24: 429-34.

PAUL, E.; CLARK, F. 1989. *Soil Microbiology and Biochemistry*. San Diego: Academic Press.

PLAZA, C.; HERNANDEZ, D.; GARCÍA-GIL, J.; POLO, A. 2004. Microbial activity in pig slurry-amended soils under semiarid conditions. *Soil Biol. Biochem.* 36 (10): 1577-85.

PLAZA, C.; GARCÍA-GIL, J.; POLO, A. 2006. Microbial activity in pig slurry-amended soils under aerobic incubation. *Biodegradation* 18 (2): 159-65.

TOGNETTI, C.; MAZZARINO, M.; LAOS, F. 2008. Compost of municipal organic waste: effects of different management practices on degradability and nutrient release capacity. *Soil Biol. Biochem.* 40 (9): 2290-96.

TORRES, P.; ABRIL, A.; BUCHER, E. 2005. Microbial succession in litter decomposition in the semi-arid chaco woodland. *Soil Biol. Biochem.* 37 (1): 49-54.

VALLONE, R.; VILA, H.; MARTINEZ, L.; FILIPPINI, M.; CONY, M.; ABRIL, A. 2007. Efectos de la aplicación de compost y vermicompost sobre la producción y crecimiento vegetativo en vid. XI Congreso Latinoamericano de Viticultura y Enología.

VAN DIEPENINGEN, A.; DE VOS, O.; KORTHALS, G.; VAN BRUGGEN, A. 2006. Effects of organic versus conventional management on chemical and biological parameters in agricultural soils. *Appl. Soil Ecol.* 31 (1-2): 120-35.