

Manejo de enmiendas para restaurar la materia orgánica del suelo en oasis de regadío de Mendoza, Argentina

ABRIL, A.¹; NOE, L.¹; FILIPPINI, M.F.²

RESUMEN

La agricultura de regadío en zonas áridas favorece la degradación de la Materia Orgánica del suelo (MO), por lo que suelen aplicarse enmiendas orgánicas con la finalidad de restaurar el contenido de MO y mejorar la disponibilidad de nutrientes para los cultivos, aunque no siempre con resultados concluyentes. En este trabajo se analizan, de manera comparativa, cuatro ensayos con diferentes sistemas de aplicación de enmiendas orgánicas (prácticas agrícolas, tipo de enmienda, dosis, frecuencia y forma de aplicación y combinación con fertilizantes químicos) en oasis de regadío de Mendoza (Argentina), con la finalidad de establecer las prácticas de manejo más adecuadas para restaurar las diferentes fracciones de MO del suelo (ácidos húmicos y fúlvicos y sustancias no húmicas). El contenido de MO aumentó en el 40% de los casos analizados (n=92) y no sufrió modificaciones en el resto, mientras que los ácidos fúlvicos también aumentaron en el 40% de los casos, pero disminuyeron en el 30%. Contrariamente, los ácidos húmicos sufrieron más disminuciones que aumentos (39% vs. 26% de los casos). Estas diferencias se explican por las prácticas de manejo agrícola y las técnicas de aplicación de las enmiendas, concluyendo que: a) todas las prácticas de aplicación de enmiendas aumentan en el corto plazo la MO; b) la fracción humificada aumenta en el corto plazo, con la aplicación superficial sin laboreo; y c) el agua de riego con alto contenido de desechos orgánicos disminuye el efecto positivo de las enmiendas sobre la MO. Por tales motivos, las prácticas de manejo recomendadas para lograr la restauración de la MO del suelo en los oasis de regadío de Mendoza son: aumentar la dosis y la frecuencia en la aplicación de enmiendas, y reducir el laboreo y el uso de aguas de reuso.

Palabras clave: ácidos húmicos, compost, vermicompost, estiércol, riego.

ABSTRACT

The irrigated agriculture in dry areas promotes the soil organic matter (MO) losses, for this reason, the soils are usually treated with organic amendments with the aim of restoring MO content and enhancing nutrient availability. However, the success of this practice is not always conclusive. We make a comparative analysis among four assays with different organic amendment application systems (agricultural practice, amendment type, doses, frequency and application techniques; and chemical fertilizer mix) in the irrigation areas of Mendoza (Argentina), with the objective of determining the most adequate application technique to restore the different MO fractions (non-humic substances, and humic and fulvic acids). The MO content increased in the 40%

¹Microbiología Agrícola, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba. Cc 509, 5000, Córdoba. Correo electrónico: aabril@agro.unc.edu.ar

²Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo. Chacras de Coria. 5505, Mendoza, Argentina.

of total analyzed cases ($n=92$) and did not was modified in the rest, whereas the fulvic acid contents also increased in the 40%, but decreased in the 30% of the total cases. Contrarily, the humic acid content underwent more losses than increases (39% vs. 26% of the total cases). These differences are explained by agricultural practice and amendment application techniques. We concluded that: a) all amendment application practices increase the MO for short periods of time; b) the surface amendment application (without tillage) increase the humified MO for short periods of time, and c) the water irrigation with high organic residues content decrease the amendment positive effects on MO. Accordingly, the recommend management practices for soil MO restoration in irrigation areas of Mendoza are to increase the doses and frequency of amendment applications and reduce the tillage practice and the waste water use.

Keywords: humic acids, compost, vermicompost, manure, irrigation.

INTRODUCCIÓN

Los suelos de las zonas áridas presentan bajo contenido de Materia Orgánica (MO) como resultado de la escasa producción primaria neta y de la rápida degradación de los restos orgánicos (Abril y Noé, 2007). En oasis de regadío de las zonas áridas, la agricultura intensiva esta ampliamente difundida. Sin embargo, las prácticas de manejo (riego, fertilización y laboreo) favorecen la degradación de la MO del suelo, afectando la estructura y la reserva de nutrientes del suelo (Thomas *et al.*, 2006). Por tales motivos, los productores suelen aplicar enmiendas orgánicas con la finalidad de restaurar el contenido de MO (Tejada *et al.*, 2009; Bastida *et al.*, 2009).

El efecto de la aplicación de enmiendas depende principalmente de las condiciones ambientales que regulan la actividad microbiana que transforma la MO de los residuos en MO del suelo (Abril y Noé, 2007). Por tal motivo, la respuesta a la aplicación de enmiendas en ambientes áridos puede ser muy diferente a la de otros ambientes.

Además, el efecto de las enmiendas depende de las prácticas agrícolas y de su manejo, como por ejemplo, tipo de abono, dosis, frecuencia y forma de aplicación, etc. En general, se acepta que los estiércoles animales aumentan el contenido de MO del suelo pero también incrementan la salinidad, mientras que los compost y vermicompost mantienen el equilibrio iónico del suelo (Eghball, 2000). La información sobre las dosis y frecuencia de aplicación de enmiendas es muy abundante y variable: desde dosis muy bajas (4 Mg ha^{-1}) aplicadas en cada ciclo de los cultivos, hasta dosis muy altas (120 Mg ha^{-1}) con residualidad para 2 a 4 años, combinadas o no con fertilizantes químicos (Masciandaro *et al.*, 2000; Bastida *et al.*, 2009). Las enmiendas pueden distribuirse en todo el lote (en cultivos anuales) o de manera localizada cerca de las plantas (en cultivos perennes) (Benítez *et al.*, 2000; Lejon *et al.*, 2007; Bastida *et al.*, 2009), teniendo especial relevancia si son incorporadas o depositadas superficialmente, debido al efecto de la exposición a condiciones climáticas (Abril y Noé, 2007).

Se conoce que las enmiendas afectan de manera diferencial a las distintas fracciones que conforman la MO

del suelo (Brunetti *et al.*, 2007). Enmiendas que aumentan las fracciones lábiles de la MO tienen un efecto de corta duración debido a que esta fracción es fácilmente metabolizable por los microorganismos, mientras que las que aumentan las fracciones humificadas tienen un efecto mas estable y de larga duración (Adani *et al.*, 2006; Senesi *et al.*, 2007; Lejon *et al.*, 2007).

Una de las más importantes áreas de regadío de Argentina (350.000 ha), se localiza en la región central de la provincia de Mendoza, donde los productores aplican comúnmente enmiendas orgánicas (con y sin proceso de compostaje). Existe escasa información y con resultados poco coincidentes sobre el tipo de manejo de las enmiendas más adecuado para la región (dosis, frecuencia, sistema de aplicación, etc.), por lo que los productores las aplican de manera empírica.

El meta-análisis es una herramienta muy útil para formular conclusiones prácticas ya que permiten obtener un patrón a partir de múltiples ensayos realizados en diferentes fechas, cultivos, zonas, etc. Estos análisis se basan en procesar variaciones respecto a testigos y no en el análisis de datos absolutos (Gurevitch y Hedge 1999). De esta manera, se elimina la variabilidad proveniente de las características de diferentes zonas, épocas, cultivos, etc. y el análisis solamente refleja la respuesta a la variable en estudio. En este trabajo se realiza un meta-análisis con los resultados de cuatro ensayos en la zona de regadío de Mendoza, con la finalidad de establecer las prácticas de aplicación de enmiendas más adecuadas para lograr la restauración de la MO del suelo.

MATERIALES Y MÉTODOS

La zona de regadío de Mendoza ocupa la porción central de la provincia ubicada en el Oeste de Argentina. El clima de la zona es árido con temperaturas muy elevadas en verano (25° C de media) y muy bajas en invierno (10° C de media), con una precipitación anual de 250 mm. Los suelos son Torrifluvent típicos, franco arenosos y con escaso contenido de MO (de 0,6% a 1,5%) (Hudson *et al.*, 1990).

Cuatro ensayos fueron realizados entre 2005 y 2007: dos en Luján de Cuyo (EEA, INTA y una finca privada); y dos en Luis Beltrán (fincas privadas). De acuerdo a su historia de cultivo, las prácticas de manejo de cada sitio son marcadamente diferentes en cuanto a frecuencia de laboreo, cobertura del suelo, riego y fertilización (tabla 1).

Todos los ensayos fueron realizados con igual diseño experimental (aleatorizado con 5 repeticiones) y de muestreo. Los muestreos de suelo se realizaron en dos fechas durante el ciclo del cultivo y cumplieron con las siguientes características: a) suelo del horizonte superficial (0-20 cm); b) muestras compuestas (10 submuestras); y c) toma simultánea de testigos. En las muestras se analizó: contenido de MO total (Nelson y Sommers, 1996), y ácidos húmicos (AH) y fúlvicos (AF) según Marinari *et al.* (2010). Se calculó el contenido de sustancias no húmicas (SNH) como la diferencia entre MO y sustancias húmicas (AH + AF), y el índice de humificación (IH) como la relación entre sustancias húmicas (AH + AH) y MO (Abril *et al.*, 2009).

Para analizar el efecto de los diferentes manejos sobre la restauración de la MO, los resultados se agruparon según las características de manejo de cada ensayo. Las agrupaciones realizadas fueron por: a) sitio de estudio (Luján de Cuyo y Luis Beltrán); b) tipo de enmienda (estiércol, compost y vermicompost); c) dosis de aplicación (4, 8, 14, 16 y 24 Mg ha⁻¹); d) forma de aplicación (incorporado, superficial, con el riego y cubierto); e) cantidad de aplicaciones (una y dos); f) combinado con fertilizantes químicos (sí y no); y g) periodo de evaluación desde la aplicación (1, 2, 3, 7, 12 y 13 meses).

Se consideró como: a) "incorporada" a la enmiendas distribuida en el lote mediante laboreo previo a la siembra; b)

"superficial" a la enmienda depositada sobre el suelo en la línea del cultivo; c) "con el riego" a la enmienda colocada en la cabecera del surco y distribuida por el agua; y d) "cubierta" a la enmienda colocada en la línea de cultivo cubierta con suelo al abrir el surco de riego.

En cada agrupación se calcularon los porcentajes de variación de los parámetros analizados entre suelos enmendados y testigos. Los porcentajes fueron analizados estadísticamente mediante ANVA previa transformación usando la función $\hat{y} = \arcsin\sqrt{y}$. Se realizaron correlaciones lineales (Pearson $\leq 0,05$) entre las diferentes fracciones de la MO.

RESULTADOS

La variación en el contenido de MO total entre suelos enmendados y testigos presentó diferencias significativas en 38 (37 positivos y 1 negativo) de los 92 casos considerados, con valores entre -26% y >100%. Agrupados por situaciones de manejo las ganancias significativas fueron: a) con enmienda "cubierta"; b) con dos aplicaciones durante el ciclo del cultivo; c) en Lujan de Cuyo; d) con vermicompost y compost; e) con 8 y 16 Mg ha⁻¹; y f) cuando se evaluó al mes, 12 y 13 meses (figura 1). No se detectaron pérdidas significativas en ninguno de los agrupamientos.

Los AF variaron en 60 casos (36 positivos y 24 negativos) con intervalos entre -100% y >100%. Los agrupamientos presentaron ganancias significativas: a) con enmienda "superficial" y "con el riego"; b) con dos aplicaciones; c) en ambos sitios de ensayos; d) con compost y estiércol; e) con 8, 16 y 24 Mg ha⁻¹; f) cuando se evaluó a 1, 2, 3 y 12 meses; y g) con o sin fertilizantes químicos (figura 2).

Ensayo	Casos (n)	Sitios de ensayos	Prácticas agrícolas	Año	Cultivo	Tratamientos	Evaluación a los:
1	18	Luis Beltrán 33° 01' 02" S - 68° 38' 58" W	laboreo intenso riego con agua de reuso	2005	Ajo	a) estiércol-vermicompost b) con - sin fertilizantes c) 1 - 2 aplicaciones d) 4 - 8 - 14 - 24 Mg ha ⁻¹ e) incorporado - en el riego	2 meses 3 meses 7 meses
2	14	Luis Beltrán 33° 01' 02" S - 68° 38' 58" W	laboreo intenso riego con agua de reuso	2006	Ajo	a) estiércol - vermicompost b) con - sin fertilizantes c) 1 - 2 aplicaciones d) 4 - 8 - 14 - 24 Mg ha ⁻¹ e) incorporado - en el riego	2 meses 3 meses 7 meses
3	48	Lujan de Cuyo (INTA) 32° 58' 48" S - 68° 50' 23" W	laboreo reducido riego con agua de río	2005-2006	Vid	a) compost - vermicompost c) 1 - 2 aplicaciones d) 4 - 8 Mg ha ⁻¹ e) cubierto - superficial	1 mes 12 meses 13 meses
4	12	Lujan de Cuyo 32° 59' 05" S - 68° 51' 06" W	laboreo reducido riego con agua de río	2005-2006	Vid	a) compost - vermicompost c) 1 - 2 aplicaciones d) 8 Mg ha ⁻¹ e) cubierto - superficial	1 mes 12 meses 13 meses

Tabla 1. Características de los ensayos de aplicación de enmiendas

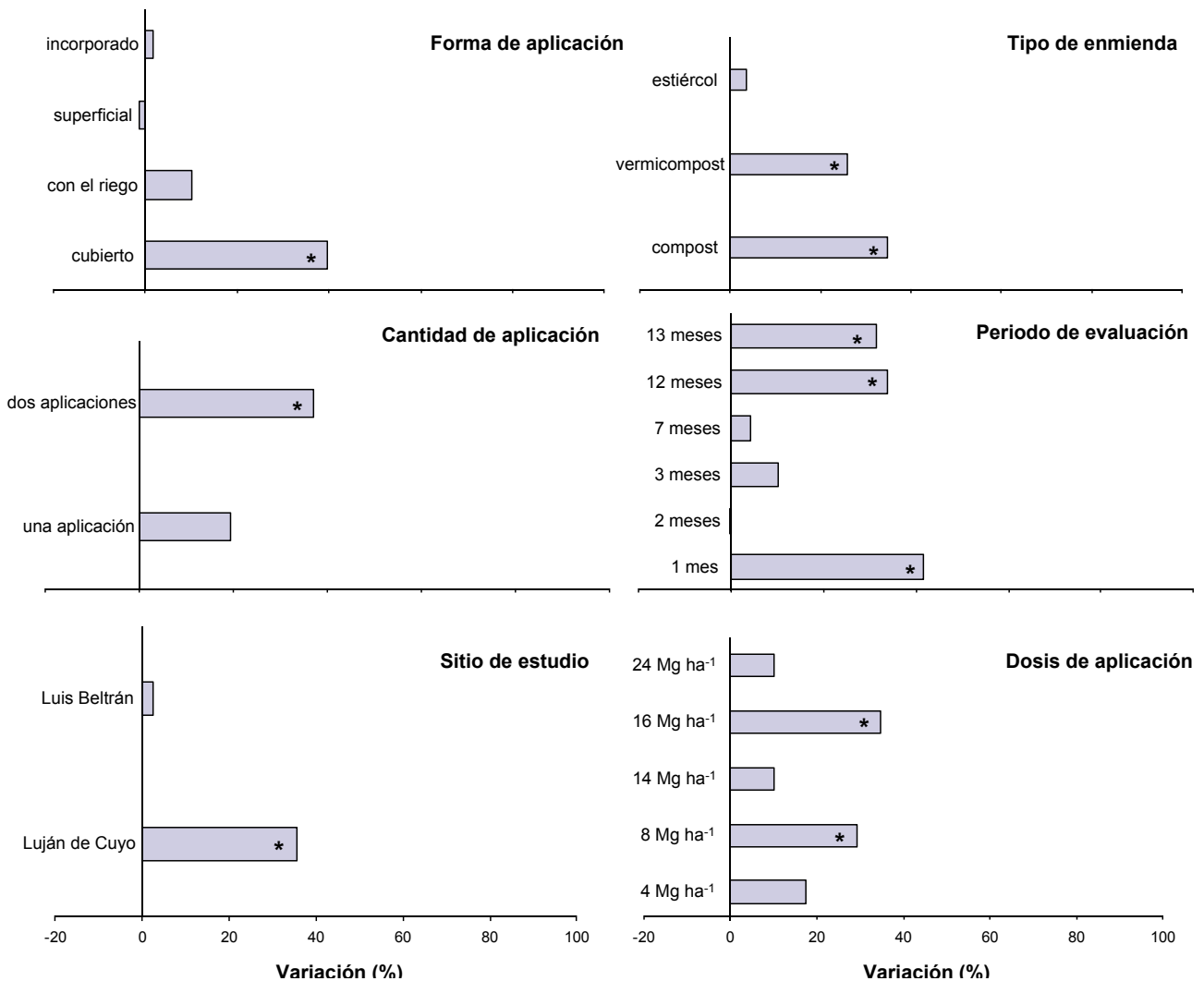


Figura 1. Variaciones (%) en el contenido de materia orgánica total del suelo entre testigos y tratamientos enmendados agrupados según las prácticas de manejo.

*indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$).

No se detectaron pérdidas significativas en ninguno de los agrupamientos.

El contenido de AH fue el parámetro que más varió entre tratamientos y testigos (80 casos: 40 positivos y 40 negativos) con intervalos entre -100% y $>100\%$. Los agrupamientos que variaron significativamente fueron: a) tipo de enmiendas: “incorporadas” y “superficiales” (ganancias), “con riego” y “cubiertas” (pérdidas); b) tipo de enmienda: estiércol (ganancias), compost (pérdidas); c) sitio: Luis Beltrán (ganancias); d) fecha de evaluación: 2 meses (ganancias), 3 y 12 meses (pérdidas), e) dosis: 14 Mg ha^{-1} (ganancias), 24 Mg ha^{-1} (pérdidas), f) con y sin fertilizante (ganancias), (figura 3). El agrupamiento por cantidad de aplicaciones no presentó diferencias significativas.

Las variaciones en el contenido de SNH fueron similares a los detectadas en el contenido de MO: 42 casos positivos y 2 casos negativos (entre: -28% y $>100\%$). Los agrupa-

mientos según prácticas de manejo mostraron solamente ganancias significativas: a) con enmiendas “cubiertas” y “con el riego”; b) con una y dos aplicaciones; c) en Luján de Cuyo; d) con vermicompost y compost; e) con 8 y 16 Mg ha^{-1} ; y f) cuando se evaluó a 1, 12 y 13 meses. En el agrupamiento por fertilizantes no se obtuvieron diferencias significativas (figura 4).

El índice de humificación presentó variaciones muy diversas (entre: -100% y $>100\%$), pero escasos cambios agrupados por prácticas de manejo: a) ganancias: con enmiendas “superficiales” y cuando se evaluó a los 2 meses, y b) pérdidas: con enmiendas “cubiertas”. Sólo se detectó correlación significativa entre la MO total y las SNH ($r=0,97$; $p < 0,001$).

DISCUSIÓN

Nuestros resultados muestran que la aplicación de enmiendas produce ganancias en el contenido de MO total

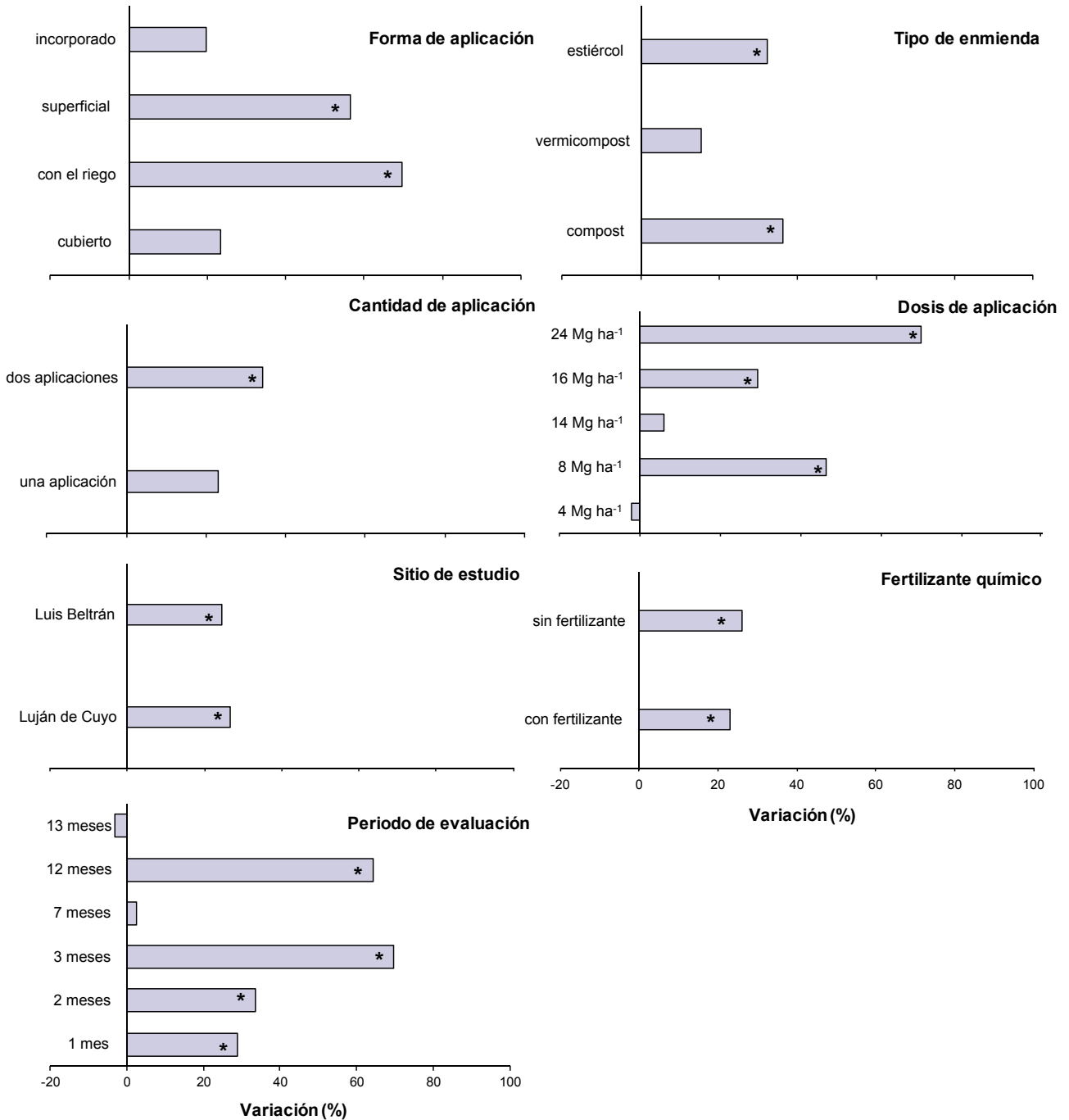


Figura 2. Variaciones (%) en el contenido de ácidos fúlvicos del suelo entre testigos y tratamientos enmendados agrupados según las prácticas de manejo.

*indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$).

aunque de moderada magnitud (sólo el 40% fueron significativos). Sin embargo, el efecto sobre las fracciones húmicas no es muy claro. Por ej., los aumentos en los AF (40% de los casos) tienen como contraparte disminuciones importantes (30%), mientras que en el contenido de AH predominan las pérdidas sobre las ganancias (39% vs. 26%). Estos resultados indican que los aumentos de MO total se deben principalmente a la fracción no humificada (correlación significativa entre MO total y SNH), lo cual es

coincidente con lo afirmado por Lejon *et al.*, (2007) respecto a que la aplicación de enmiendas aumenta más las fracciones lábiles que los AH, excepto cuando el material de origen es muy lignificado.

Variaciones según los sitios de estudio

Uno de los aspectos más notables de nuestro análisis es la gran diferencia en la ganancia de las fracciones de

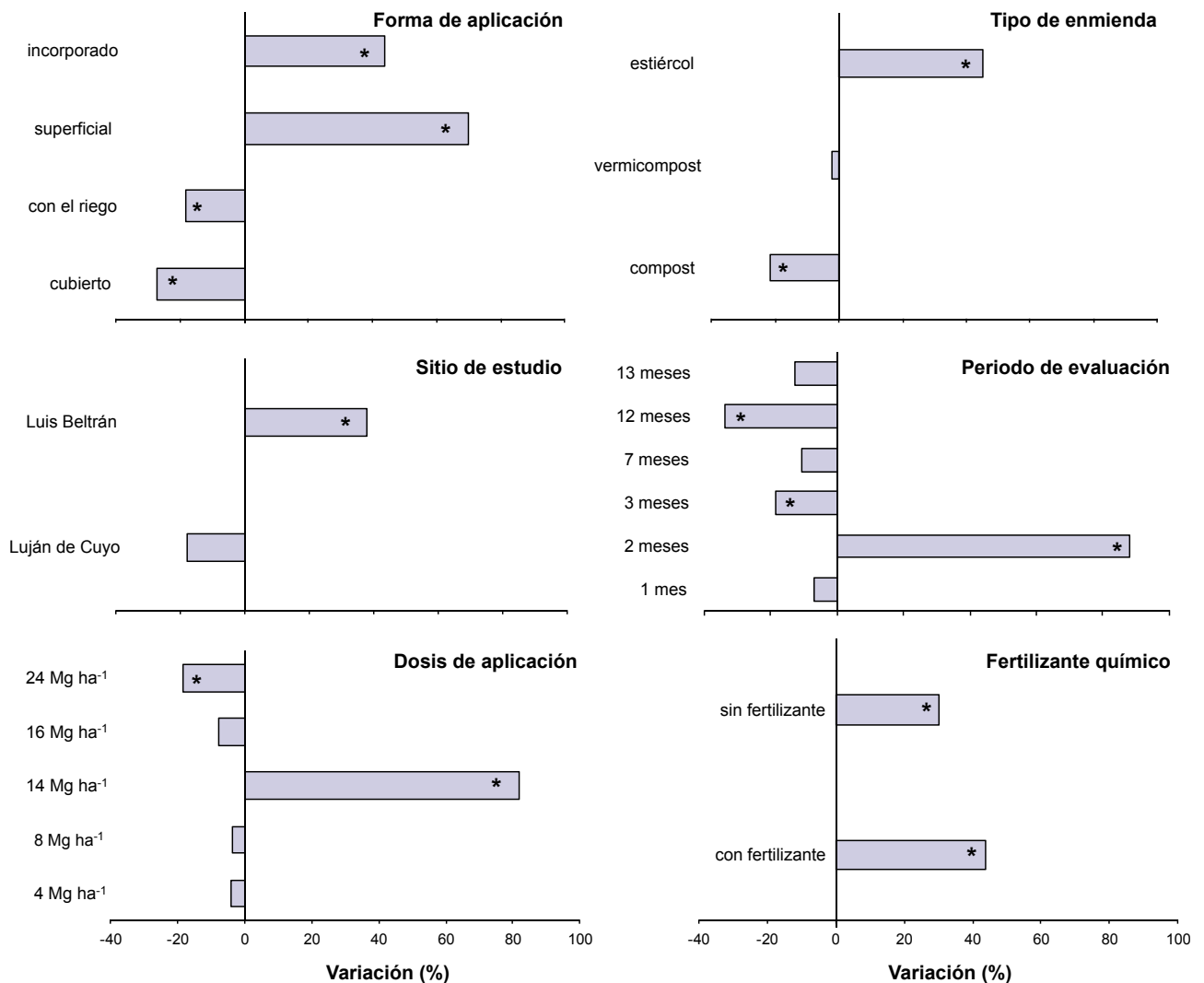


Figura 3. Variaciones (%) en el contenido de ácidos húmicos del suelo entre testigos y tratamientos enmendados agrupados según las prácticas de manejo.

*indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$).

MO entre los sitios de estudio. Debido a que ambos sitios tienen similares características edáficas y climáticas, las diferencias responden a las prácticas agrícolas antecesoras de cada sitio. Luján de Cuyo tiene una historia de viticultura de más de 200 años donde: a) se riega con agua del río Mendoza; b) los suelos son escasamente laboreados y c) los entresurcos se mantienen con coberturas de leguminosas invernales. Contrariamente, Luis Beltrán ha sido recientemente transformada a tierras hortícolas (10 años) donde: a) se riega con agua de la planta de tratamiento de líquidos cloacales (Morabito *et al.*, 2005); b) los suelos soportan fuerte laboreo; y c) se realizan al menos 3 secuencias de cultivos anuales. Estos aspectos justifican los mayores aumentos de todas las fracciones lábiles de la MO en Luján de Cuyo.

En Luis Beltrán, el laboreo, sumado al aporte de C fácilmente metabolizable y nutrientes proveniente del agua

de reuso ($MO=10,4 \text{ gL}^{-1}$; $N-NH_4=2,27 \text{ mgL}^{-1}$; $N-NO_3=17,6 \text{ mgL}^{-1}$; $P-PO_4=6,07 \text{ mgL}^{-1}$, Filippini *et al.*, 2012), activan los microorganismos del suelo que consumen rápidamente la MO lábil incorporada por las enmiendas (Tejada y González, 2006; Hati *et al.*, 2007). Contrariamente, en Luján de Cuyo, el escaso movimiento de suelo y la oligotrofia del agua de riego mantienen más estable la actividad microbiana y la MO incorporada por las enmiendas tiene mayor persistencia.

Tipo de enmiendas

Nuestros resultados acuerdan con trabajos que mencionan que los compost y vermicompost aumentan las fracciones lábiles de la MO en mayor medida que el estiércol (Masciandaro *et al.*, 2000). Sorprendentemente, el estiércol favoreció la ganancia de la fracción humificada. Proba-

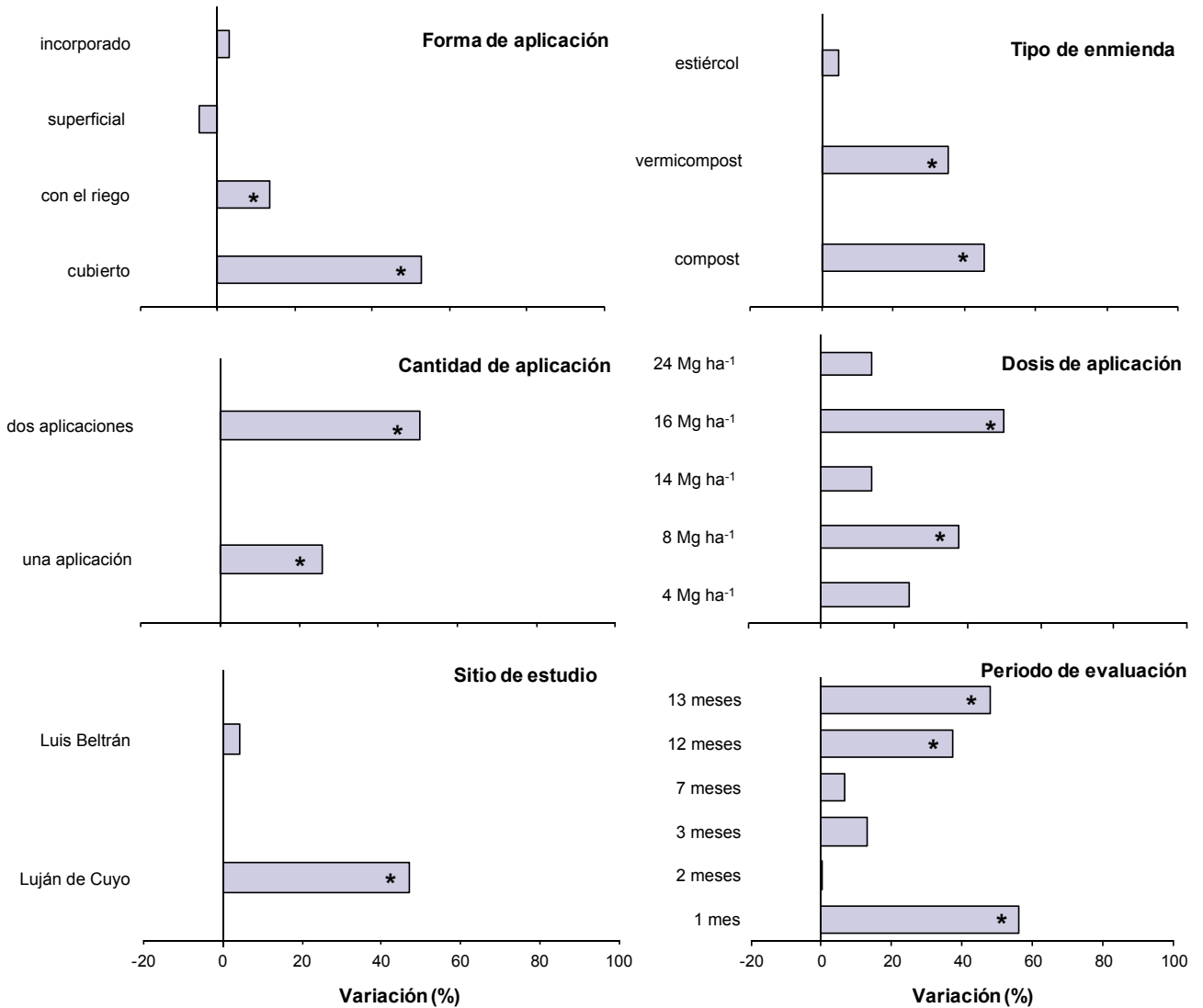


Figura 4. Variaciones (%) en el contenido de sustancias no humificadas del suelo entre testigos y tratamientos enmendados agrupados según las prácticas de manejo.

*indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$).

blemente, esto se deba a que el estiércol de pollo utilizado tenía gran proporción de cáscara de arroz (como cama), con elevada cantidad de celulosa (60%) y fenoles solubles (6.2%) (Filippini *et al.*, 2012), materiales de elevada capacidad de humificación (Ros *et al.*, 2006). Contrariamente, los vermicompost y compost fueron elaborados con materiales más lábiles (mezcla de estiércoles y residuos de agroindustrias), por lo que presentaban escasa cantidad de sustancias húmicas (3-5%) con predominio de ácidos fúlvicos (Abril *et al.*, 2011). Algunos autores mencionan que los compost y vermicompost presentan mayor proporción de compuesto alifáticos que aromáticos, con bajo grado de humificación (Senesi *et al.*, 2007; Brunetti *et al.*, 2007). Esta explicación es consistente con la ganancia de AH en el suelo detectada en Luis Beltrán, ya que en ese sitio es donde se aplicó mayor proporción de estiércol de pollo.

Forma de aplicación de las enmiendas

Que los mayores aumentos de MO total y SNH se hayan detectado cuando las enmiendas sólo se cubrieron con una capa de suelo al abrir el surco de riego, es consistente con que la incorporación con laboreo favorece su rápida degradación (Lejon *et al.*, 2007). El escaso contacto con el suelo provoca una lenta degradación de las enmiendas, favoreciendo el proceso de humificación (aumento de sustancias húmicas e índice de humificación) (Benítez *et al.*, 2000; Abril *et al.*, 2009).

Frecuencia y dosis de aplicación

La mayor ganancia en las fracciones de MO del suelo con dos frecuencias de aplicación de enmiendas durante el ciclo del cultivo es una situación reconocida (Ferrerías *et al.*,

2006). Además, en nuestro análisis coincidió que los casos con doble aplicación fueran evaluados después de un corto periodo de tiempo. Por ejemplo, en los cultivos de ajo de Luis Beltrán la segunda aplicación se realizó al comienzo de la bulbificación y se evaluó a cosecha (2 meses), mientras que en vid de Luján de Cuyo se aplicó al comienzo de la floración y se evaluó en enero (1 mes después).

Con respecto a la dosis de enmiendas aplicadas, no se obtuvo un patrón tan claro. No siempre las dosis más altas provocaron aumentos de las fracciones de MO. Por ej. la dosis más alta (24 Mg ha⁻¹) logró aumentar el contenido de AF pero no el resto de las fracciones. Esto podría explicarse porque las 24 Mg ha⁻¹ correspondieron a estiércol de pollo, evaluado en el corto periodo de tiempo (2 meses), por lo que probablemente no se terminaron de descomponer los compuestos lignocelulósicos de la cama de cría, como para producir un efecto más importante en el suelo.

El hecho que las dosis de 16 Mg ha⁻¹ y 8 Mg ha⁻¹ produzcan aumentos muy marcados en las fracciones lábiles de la MO pero no en los AH, podría deberse a que dichas dosis coinciden con los casos de doble aplicación de enmiendas compostadas, que fueron evaluadas al mes de su aplicación. Estos resultados son consistentes con lo afirmado por Adani *et al.* (2006) respecto a que no siempre dosis mayores de enmiendas provocan aumento de las fracciones humificadas del suelo, aunque modifican de manera diferencial la proporción de AF y AH.

Lo que queda claramente establecido a partir de nuestros resultados es que con dosis de 4 Mg ha⁻¹ no se logra mejorar ninguna de las fracciones de MO del suelo, lo cual es consistente con que en la mayoría de los trabajos sobre efecto de las enmiendas se aplican dosis muy elevadas, llegando en algunos casos hasta 120 Mg ha⁻¹ ha como la aplicada por Bastida *et al.* (2009), para recuperar suelos de la región mediterránea de España.

Período de evaluación

La información respecto al efecto de la aplicación a lo largo del tiempo es muy variable y suele ser mencionado como efecto residual y/o acumulativo, según la frecuencia de aplicación y el tiempo transcurrido hasta la evaluación (Ros *et al.*, 2006; Bastida *et al.*, 2009). En nuestro análisis sólo se podrían considerar como efectos acumulativos a los casos que recibieron doble aplicación de enmiendas evaluados al mes y dos meses, y efectos residuales a los de una aplicación evaluados al final del ciclo del cultivo (7 meses en ajo y 12 meses en vid).

Sin embargo, los resultados tan dispares de este agrupamiento nos indican que los efectos detectados se corresponden más con las diferencias entre sitios que con la residualidad y/o acumulación. Por ejemplo, la fracción fúlvica tuvo mayor efecto residual a los 12 meses, pero no a los 13 meses, lo cual podría deberse que esta última fecha coincidió con el comienzo de la actividad del cultivo de vid y la mayor actividad microbiana como resultado de los riegos, mientras que los valores de mayor ganancia de MO

y SNH (residual y acumulativo) se detectaron en Luján de Cuyo (1, 12 y 13 meses).

Contrariamente, el mayor efecto residual de la fracción húmica se obtuvo en Luis Beltrán, a los dos meses de la aplicación. Esta última situación coincide con los casos de aplicación de estiércol de pollo evaluado en invierno, por lo que se debería a las características del material (como ya fue comentado) y a las condiciones climáticas que favorecen la lenta degradación de los abonos. El hecho de que las mayores pérdidas de ácidos húmicos fueran detectadas cuando el suelo se evaluó a largo plazo (12 y 13 meses) en la época estival, es un llamado de alerta para revisar las prácticas de manejo del suelo que favorecen la actividad microbiana ya que pueden llegar a comprometer la reserva de MO estable del suelo.

Combinación con fertilizantes químicos

Contrariamente a lo mencionado por Gabrielle *et al.*, (2005), en nuestro análisis no se detectaron pérdidas de las fracciones de MO del suelo a causa de la aplicación combinada de enmiendas y fertilizantes químicos. Probablemente, esto se deba a que la comparación del efecto de la aplicación de enmiendas solas o combinadas, se estableció solamente en los ensayos con estiércol en ajo de Luis Beltrán. Como ya ha sido mencionado, en este sitio, el laboreo y el riego con aguas de alta carga de nutrientes y MO, son la mayor causa de las grandes pérdidas de la MO lábil del suelo, por lo que el aporte de más nutrientes inorgánicos parece no afectar en mayor medida este patrón (Filippini *et al.*, 2012).

CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta que: a) todas las enmiendas aumentan en el corto plazo la MO total; b) la fracción humificada aumenta en el corto plazo, con la aplicación superficial sin laboreo; y c) el agua de riego con alto contenido de desechos orgánicos disminuye el efecto de las enmiendas, las prácticas de manejo recomendadas para lograr la restauración de la MO del suelo en los oasis de regadío de Mendoza son: aumentar la dosis y frecuencia en la aplicación de enmiendas, y reducir el laboreo y el uso de aguas de reuso.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a R. Vallone, por la realización de los ensayos en vid. El trabajo fue financiado por el INTA Mendoza (PVN04) y la Universidad Nacional de Cuyo (N.º 658/05).

BIBLIOGRAFÍA

ABRIL, A.; NOÉ, L. 2007. Soil C sink and CO₂ flux in a marginal dry forest of western Argentina. En: VERNE, N.C. (Eds.) Forest Ecology Research Horizons. Nova Science Publishers, Inc, New York, pp.191-202.

- ABRIL, A.; VILLAGRA, P.; NOE, L. 2009. Spatiotemporal heterogeneity of soil fertility in the Central Monte desert (Argentina). *Journal of Arid Environments* 73, 901-906.
- ABRIL, A.; NOE, L.; FILIPPINI, M.F.; CONY, M.; MARTINEZ, L. 2011. Microbial dynamics and fertility characteristics in compost from different waste and maturation processes. *The Open Agriculture Journal* 5, 19-29.
- ADANI, F.; GENEVINI, P.; TAMBONE, F.; MONTONERI, E. 2006. Compost effect on soil humic acid: a NMR study. *Chemosphere* 65, 1414-1418.
- BASTIDA, F.; PEREZ-DE-MORA, A.; BABIC, K.; HAI, B.; HERNANDEZ, T.; GARCÍA, C.; SCHLOTTER, M. 2009. Role of amendments on N cycling in Mediterranean abandoned semiarid soils. *Applied Soil Ecology* 41, 195-205.
- BENÍTEZ, E.; MELGAR, R.; SAINZ, H.; GÓMEZ, M.; NOGALES, R. 2000. Enzyme activities in the rhizosphere of pepper (*Cap-sicum annum* L) grown with olive cake mulches. *Soil Biology & Biochemistry* 32, 1829-1835.
- BRUNETTI, G.; PLAZA, C.; CLAPP, C.E.; SENESI, N. 2007. Compositional and functional features of humic acids from organic amendments and amended soils in Minnesota, USA. *Soil Biology & Biochemistry* 39, 135-1365.
- EGHBALL, B. 2000. Nitrogen mineralization from field-applied beef cattle feedlot manure or compost. *Soil Science of Society of America Journal* 64, 2024-2030.
- FERRERAS, L.; GOMEZ, E.; TORRESANI, S.; FIRPO, I.; RONDONO, R. 2006. Effect of organic amendments on some physical, chemical, and biological properties in a horticultural soil. *Biore-source Technology* 97, 635-640.
- FILIPPINI, M.F.; ABRIL, A.; CONY, M.; NOÉ, M.; VENIER, M.; CÓN SOLI, D.; VALLONE, R. 2012. Effects of organic amendment application on soil quality and garlic yield in central-western Argentina. *The Open Agriculture Journal* 6, 1-8.
- GABRIELLE, B.; DA-SILVEIRA, J.; HOUOT, S.; MICHELIN, J. 2005. Field-scale modelling of carbon and nitrogen dynamics in soils amended with urban waste composts. *Agriculture Ecosystems & Environment* 110, 289-299.
- GUREVITCH, J.; HEDGES, L.V. 1999. Statistical issues in ecological meta-analyses. *Ecology* 80: 1142-1149.
- HATI, K.M.; BISWAS, A.K.; BANDYOPADHYAY K.K.; MISRA, A.K. 2007. Soil properties and crop yields on a vertisol in India with application of distillery effluents. *Soil & Tillage Research* 92, 60-68.
- HUDSON, R.R.; ALASKA, A.; MASOTTA, H.T.; MURO, A. 1990. Provincia de Mendoza. En: *Atlas de Suelos de la República Argentina*. INTA-CIRN/PNUD, Buenos Aires, pp. 71-106.
- KEENEY, D.; NELSON, D. 1982. Nitrogen inorganic forms. In: PAGE, A. L.; MILLER, R. H.; KEENEY, D. R. (Eds.) *Methods of Soil Analysis*. ASA and SSSA. Madison, WI. pp. 643-698.
- LEJON, D.P.H.; SEBASTIA, J.; LAMY, I.; CHAUSSOD, R.; RAN-JARD, 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. *Microbial Ecology* 53, 650-663.
- MARINARI, S.; DELL'ABATE, M.T.; BRUNETTI, G.; DAIS, C. 2010. Differences of stabilized organic carbon fraction and microbiological activity along Mediterranean Vertisols and Alfisols profiles. *Geoderma* 156, 379-388.
- MASCIANDARO, G.; CECCANTI, B.; RNCHI, V.; BAUER, C. 2000. Kinetic parameters of dehydrogenase in the assessment of the response of soil to vermicompost and inorganic fertiliser. *Biological and Fertility of Soils* 32, 479-483.
- MORABITO, J.; SALANTINO, S.; MEDINA, R.; ZIMMERMANN, M.; FILIPPINI, M.F.; BERMEJILLO, A.; NACIF, N.; CAMPOS, S.; DE-DIOL, C.; PISSUOLO, P.; GENOVESE, D.; MASTRANTONIO, L. 2005. Calidad del agua en el area regadia del rio Mendoza (Argentina). *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias (Argentina)* 37, 1-23.
- NELSON, D.W.; SOMMERS, L.E. 1996. Total carbon, organic carbon and organic matter. In: SPARKS, D.L.; PAGE, A.L.; HELMKE, P.A.; LOEPPERT, R.H.; SALTANPOUR, P.N.; TABATABAI, M.A.; JOHNSTON, C.T.; SUMMER, M.E. (Eds.) *Methods of Soil Analysis*. ASA and SSSA. Madison WI, pp. 961-1010.
- ROS, M.; PASCUAL, J.A.; GARCIA, C.; HERNANDEZ, M.T.; INSAM, H. 2006. Hydrolase activities, microbial biomass and bacterial community in a soil after long-term amendment with different compost. *Soil Biology & Biochemistry* 38, 3443-3452.
- SENESE, N.; PLAZA, C.; BRUNETTI, G.; POLO, A. 2007. A comparative survey of recent results on humic-like fractions in organic amendments and effects on native soil humic substances. *Soil Biology & Biochemistry* 39, 1244-1262.
- TEJADA, M.; GONZÁLEZ, J.L. 2006. The relationships between erodibility and erosion in a soil treated with two organic amendments. *Soil & Tillage Research* 91, 186-198.
- TEJADA, M.; GARCIA-MARTINEZ, A.M.; PARRADO, J. 2009. Effects of vermicompost composted with beet vinasse on soil properties, soil losses and soil restoration. *Catena* 77, 238-247.
- THOMAS, R.J.; EL-DESSOUGI, H.; TUBEILEH, A. 2006. Soil system management under arid and semi-arid conditions. En: UP-HOFF, N.; BALL, A.S.; PALM, C.; FERNANDES, E.; PRETTY, J.; HERREN, H.; SANCHEZ, P.; HUSSON, O.; SANGINGA, N.; LA-ING, M.; THIES, J. (Eds.) *Biological Approaches to Sustainable Soil Systems*. Taylor & Francis, CRC Press, Boca Raton, pp. 41-58.