

EFECTO DE DOS SISTEMAS DE MANEJO SOBRE ALGUNAS PROPIEDADES BIOLÓGICAS DEL SUELO¹

Silvia Benintende²
María Benintende²
María Sterren²
Mercedes Cagnani²
Cecilia Sanchez²

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de dos sistemas de labranza sobre la biomasa microbiana, respiración específica del suelo y nitrógeno mineralizable en un Argiudol Vértico. Las muestras se tomaron de los siete primeros centímetros de lotes vecinos con historias culturales similares. Los resultados mostraron que la siembra directa incrementó el contenido de nitrógeno de la biomasa microbiana, el nitrógeno mineral acumulado, el nitrógeno total, y las bacterias nitrificantes. La relación carbono a nitrógeno de la biomasa microbiana fue más baja en siembra directa (6,0) que en labranza convencional (8,3), problemente reflejando una composición microbiana diferente. El nitrógeno mineralizado en un período de seis meses de incubación fue 25% mayor en siembra directa. Estos resultados confirmaron que el nitrógeno de la biomasa microbiana y el nitrógeno mineralizado son características biológicas que permiten identificar efectos sobre el suelo de los sistemas de laboreo.

Terminos para indexación: biomasa microbiana, respiración específica del suelo, N mineralizado.

¹ Trabajo desarrollado dentro del marco del Proyecto "Efecto del manejo sobre la mineralización de N en distintos suelos" financiado por la UNER. Aceptado para publicación en 10.06.2000.

² Facultad de Ciencias Agropecuarias (UNER) CC 24 3100 Paraná, Entre Ríos, Argentina.
E-mail: silviabe@gamma.com.ar o silviab@fca.uner.edu.ar

ABSTRACT

EFFECT OF TWO TILLAGE SISTEMES ON BIOLOGICAL SOIL PROPERTIES

The aim of this study was to evaluate the effect of zero tillage applied for 2 years and conventional tillage on microbial biomass, specific soil respiration and mineralizable nitrogen in a Vertic Argiudoll. Samples were taken from 0 -7 cm from neighboring lots with similar cultural antecedents. Results showed that zero tillage increased nitrogen content of the microbial biomass, accumulative mineralized nitrogen, total nitrogen and total nitrifying bacteria. The CBM/NBM ratio was lower in zero tillage (6.0) than in conventional tillage (8.3), probably reflecting a different microbial composition. Mineralized nitrogen in a six-month incubation period was 25% higher in zero tillage. Results confirm that microbial biomass nitrogen and mineralized nitrogen are biological soil characteristics that allow identification of short-term tillage system effects on soil.

Key words: microbial biomass, specific soil respiration, mineralized N.

INTRODUCCIÓN

Los factores que alteran las condiciones de equilibrio de los ecosistemas tienden a provocar modificaciones en las propiedades de los suelos, entre las cuales merecen especial atención las que se producen sobre las condiciones biológicas. Las alteraciones en los procesos, en los cuales la población microbiana está involucrada, principalmente la descomposición de residuos orgánicos y la dinámica de los nutrientes del suelo son muy importantes, y en consecuencia inciden en la productividad agrícola (10).

Los niveles de materia orgánica del suelo son altamente dependientes de los sistemas de manejo, especialmente de aquellos que involucran la utilización de los residuos, la rotación y el laboreo. La descomposición de los residuos vegetales depende de su incorporación o no al suelo. Cuando quedan en superficie, la fracción de carbono que se descompone rápidamente representa solo un 60% de la fracción que se descompone cuando éstos son mezclados con el suelo, para las condiciones de estudio de Cordone et al. (8).

Por otra parte se reconoce la existencia de una fracción activa de materia orgánica constituida por compuestos más lábiles y una fracción pasiva más resistente a la degradación que pueden ser separadas por la técnica de tamizado en seco (3).

Etcheverría et al. (9) plantean que la cuantificación de variables biológicas son adecuadas para indicar la tendencia de un suelo a aumentar o disminuir el nivel de materia orgánica y, por consiguiente, reflejar rápidamente el efecto que producen los cambios de manejo. Generalmente se considera que las prácticas de manejo utilizadas afectan la población

microbiana (5, 10), en tanto que otros no han encontrado diferencias (1). Aparentemente el carbono de la biomasa microbiana es sensible a la aplicación de distintos sistemas de manejo del suelo antes que los cambios se vean reflejados en el contenido de materia orgánica (4, 13).

Campbell et al. (7) indican que el nitrógeno de la biomasa microbiana es una variable mucho más sensible que el carbono de esta fracción. Si bien la biomasa microbiana representa solo una parte del reservorio de materia orgánica, controla la dinámica del nitrógeno, por lo que resulta interesante estimarla cuando se pretende evaluar el impacto de un sistema de manejo de suelo (9).

El objetivo de este trabajo fue determinar diferencias en biomasa microbiana del suelo, actividad respiratoria específica y nitrógeno mineralizado, luego de dos años de aplicación del sistema de siembra directa.

MATERIALES Y MÉTODOS

Caracterización del área de estudio

El área donde se realizó el trabajo está ubicada en el centro-oeste de la provincia de Entre Ríos, República Argentina, aproximadamente a 60° de longitud oeste y 32° de latitud sur. Climáticamente el área corresponde a la región templada húmeda de llanura, caracterizada por escasas oscilaciones anuales de temperatura, media normal del mes de julio 12°C y del mes de enero 24,7°C. La precipitación media anual es de 1.032 mm, distribuidos principalmente en los meses de verano, pese a lo cual es la época en que se registran los mayores déficits hídricos.

Los suelos del área corresponden al orden Molisol al oeste y Vertisol al este con una amplia zona intermedia en la cual se mezclan los dos órdenes dando lugar a una intergradación.

La utilización de la tierra es con fines agrícolas en su mayoría y desde largo tiempo. En algunos casos se realizan rotaciones de cultivos con pasturas implantadas. Los cultivos más difundidos son trigo, soja, maíz y girasol, con rendimientos de trigo de 3 a 4 t ha⁻¹, de soja de 2 a 3 t ha⁻¹, y de maíz de 5 a 6 t ha⁻¹.

Los sistemas de labranza utilizados son: convencional, en el que la secuencia de labores comienza con discos desencontrados o rastras de discos de doble acción y cultivadores de campo. En este sistema se utilizan algunos herbicidas y fertilizantes, principalmente como fuente de fósforo.

Otro sistema de manejo de suelos que ha tenido gran difusión en la zona es el de siembra directa, que en los últimos años ha alcanzado prácticamente el 50% del área sembrada. Se utiliza un herbicida total para iniciar el barbecho y fertilizantes nitrogenados y fosforados.

Muestreo de suelo.

Se realizó en un establecimiento agrícola de un productor, en un área de suelos Vértic Argiudol. Estos suelos tienen como características principales un epipedón de textura franco arcillo limosa de 12 a 15 cm de espesor, seguido en profundidad por un horizonte argílico en el que predominan arcillas del tipo montmorillonita y en el que se observan caras de fricción y grietas cuando están secos. Son suelos con alta susceptibilidad a la erosión hídrica.

Se tomaron muestras en tres lotes ubicados en una misma unidad de paisaje y de suelos. En uno de ellos se utilizaba el sistema de labranza convencional, en otro se había comenzado a utilizar el sistema de siembra directa dos años antes y el tercero era un campo natural sin alteraciones por un período mayor a 20 años. Este último constituye una situación de equilibrio. Los dos primeros lotes tenían una historia agrícola común con una secuencia en la que predominaban los cultivos de trigo y soja fundamentalmente y en ambos se aplicaba el sistema de manejo con labranza convencional hasta dos años antes del muestreo. Se muestrearon los primeros 7 cm superficiales extrayéndose veinte tomas al azar que se constituyeron en una muestra compuesta. Se tomaron cuatro muestras compuestas de cada sistema evaluado.

Determinaciones analíticas

Nitrógeno mineralizable: Se utilizó la metodología de Stanford y Smith (17) que consiste en incubaciones aeróbicas a 35°C de muestras secadas al aire, molidas y tamizadas por 2 mm. Al comienzo de la incubación y a los 7, 14, 28, 56, 94 y 120 días las muestras fueron percoladas con CaCl_2 0,01 mol L⁻¹. En el percolado se analizó la concentración de amonio y nitrato por microdestilación por arrastre de vapor (6).

Biomasa microbiana: Se determinó el contenido de carbono (CBM) por la técnica de fumigación con cloroformo e incubación de Jenkinson y Powlson modificada por Rizzalli et al. (15) y contenido de nitrógeno (NBM) (16). La muestra fue conservada seca al aire y se preincubó a un contenido de humedad equivalente a 65% de capacidad de campo por siete días a fin de restablecer la masa de microorganismos.

Actividad respiratoria específica: Es la respiración producida por cada unidad de masa de microorganismos. Se calculó a partir del carbono mineralizado durante diez días (respiración) y el contenido de carbono de la biomasa microbiana de cada muestra.

Carbono orgánico: Se determinó por digestión húmeda del carbono (Walkley y Black) en las distintas fracciones de suelo, obtenidas por tamizado a través de 2 mm y 0,1 mm (3).

Nitrógeno total: Se determinó utilizando el método de Kjeldahl modificado en las distintas fracciones de suelo, obtenidas por tamizado a través de 2 mm y 0,1 mm.

Grupos funcionales relacionados a la mineralización del nitrógeno (nitritadores y nitratadores): Se hicieron recuentos en medios selectivos líquidos por el método de número más probable (12).

Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza para un diseño completamente aleatorizado. Las diferencias entre medias se establecieron por el test de diferencias mínimas significativas LSD ($P < 0,05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 1 se presentan los valores medios de cuatro repeticiones de las variables evaluadas en las tres situaciones: sistema de manejo con labranza convencional, en siembra directa y campo natural.

CUADRO 1 – Valores promedio de las variables evaluadas en sistemas de manejo: labranza convencional, siembra directa y campo natural			
Lab. convencional		Siembra directa	Campo natural
CBM (mg kg^{-1})	394,5 b	422,5 b	507,0 a
NBM (mg kg^{-1})	50,3 b	70,2 a	52,4 b
CBM/NBM	8,3 ab	6,0 b	9,8 a
Resp. Específica	0,185 a	0,134 a	0,097 a
C org 2 mm (g kg^{-1})	26,0 b	25,0 b	36,5 a
C org 0,1 mm (g kg^{-1})	17,6 b	21,3 ab	23,4 b
CBM/C org. 0.1 mm	0,022	0,020	0,022
N tot. 2mm (g kg^{-1})	1,73 c	2,17 b	2,42 a
N min in. (mg kg^{-1})	25,0 b	30,0 b	46,0 a
N 7 días (mg kg^{-1})	78,0 a	80,0 a	81,0 a
Ne (mg kg^{-1})	114,0 b	135,0 ab	138,0 a
N min ac. (mg kg^{-1})	170,0 b	220,0 a	233,0 a
Valores seguidos de igual letra en la misma línea no difieren significativamente entre sí ($P < 0,05$).			
N min in: N mineral presente al inicio de la incubación.			
N 7 días: N mineralizado en la primer semana de incubación.			
Ne: N mineralizado en las 2 primeras semanas de incubación.			
N min ac: N mineralizado acumulado en 16 semanas de incubación.			

El carbono de la biomasa microbiana fue más bajo en los sistemas de manejo que en el campo natural, sin diferencias significativas entre siembra directa y labranza convencional. En el campo natural esta variable presentó valores bajos en relación con los encontrados en otros trabajos realizados por Benintende y Benintende (4). Los valores hallados se encuentran dentro de los reportados por Rasmussen y Collins (14) para suelos labreados que oscilan entre 100 y 600 mg kg⁻¹ de C, mientras que en los suelos no labreados o con pasturas los valores son de 1500 mg kg⁻¹ de C o más. Si bien la diferencia en carbono de la biomasa microbiana entre los sistemas labranza convencional y siembra directa no fue significativa, en el sistema de siembra directa fue levemente superior. Resultados similares han sido presentados por Alvarez et al. (2). Como se explicó anteriormente, la situación siembra directa evaluada fue en un lote con 2 años de aplicación de este sistema. Benintende et al. (5) observaron diferencias significativas entre labranza convencional y siembra directa en dos secuencias de cultivo distintas cuando estos sistemas se aplicaron por diez años consecutivos en una secuencia de cultivos trigo/soja – maíz y en monocultivo de maíz.

El nitrógeno de la biomasa microbiana no presentó diferencia entre los sistemas de labranza convencional y campo natural, pero sí en siembra directa, en el cual probablemente el manejo y las mayores aplicaciones de fertilizante hayan provocado cambios en la población microbiana, reflejándose en los valores de CBM/NBM, donde se observó una disminución para siembra directa de aproximadamente 9 a 6; estos valores se encontraron dentro del rango informado por García y Morón (10) para situaciones similares (6 a 18 con promedio de 8,7).

La respiración específica, que representa el nivel de actividad respiratoria por unidad de biomasa microbiana, no presentó diferencias significativas entre los sistemas analizados. Los valores determinados en este trabajo fueron menores que los citados por Campbell et al. (7), que oscilan entre 0,26 y 0,31 en situaciones de labranza convencional.

Los valores de carbono orgánico en los sistemas de manejo labranza convencional y siembra directa fueron menores que en el campo natural y no difirieron entre sí, representando alrededor de un 70% del valor de campo natural. Benintende et al. (5) citan diferencias en contenido de carbono orgánico al comparar los sistemas labranza convencional y siembra directa, pero esta contradicción con los resultados de este trabajo podría explicarse por la presencia de restos vegetales incorporados en el sistema de labranza convencional que, al estar parcialmente descompuestos debido a condiciones favorables de temperatura y humedad, pasaron a través de la malla de 2 mm. No ocurrió lo mismo en la siembra directa donde los restos vegetales se encontraron en la superficie y resultaron más fáciles de separar. La relación C/N de la fracción 2 mm de

labranza convencional fue de 15 y de siembra directa de 11,5. En la fracción tamizada por 0,1 mm los valores presentaron un orden creciente labranza convencional, siembra directa y campo natural y las relaciones C/N, de esta fracción, para labranza convencional y siembra directa fueron de 10 y 9,8 respectivamente.

La proporción de carbono orgánico presente en la biomasa microbiana fue de aproximadamente 2%. Este valor fue algo mayor que los encontrados por García y Morón (10): 0,98% en sistema de agricultura continua y 1,66% en sistema de rotación agrícola con leguminosas. Campbell et al. (7) refieren valores que oscilan entre 1,1 y 1,2%, en tanto Rasmussen y Collins (14) citan valores de 2,3% para labranza convencional y 2,9% para campo natural.

El contenido de nitrógeno de la biomasa microbiana en el sistema siembra directa fue significativamente mayor al de las otras situaciones, probablemente debido a la historia de fertilización nitrogenada que se aplicó en este sistema, lo que no ocurrió en labranza convencional y en campo natural. Este resultado no se reflejó en la fracción de N mineralizada en forma inicial en las muestras incubadas ni tampoco en la mineralización producida en los primeros catorce días. El nitrógeno de la biomasa microbiana representó entre un 2,2 a 3% del N total, porcentajes algo superiores a los presentados por García y Morón (10): 1,4 a 2,1%. En la fracción de N mineralizada en las dos semanas iniciales, si bien los valores de siembra directa fueron mayores a los de labranza convencional, no difirieron significativamente de éstos.

En N total determinado en la fracción de suelo tamizada por 2 mm presentó una secuencia esperable creciente desde labranza convencional, cuyo valor representó el 71% del valor encontrado en campo natural, luego siembra directa con un 90% del valor de campo natural. Se determinó el contenido de N total en la fracción de suelo tamizado por 0,1 mm y se obtuvieron resultados prácticamente idénticos a los de 2 mm.

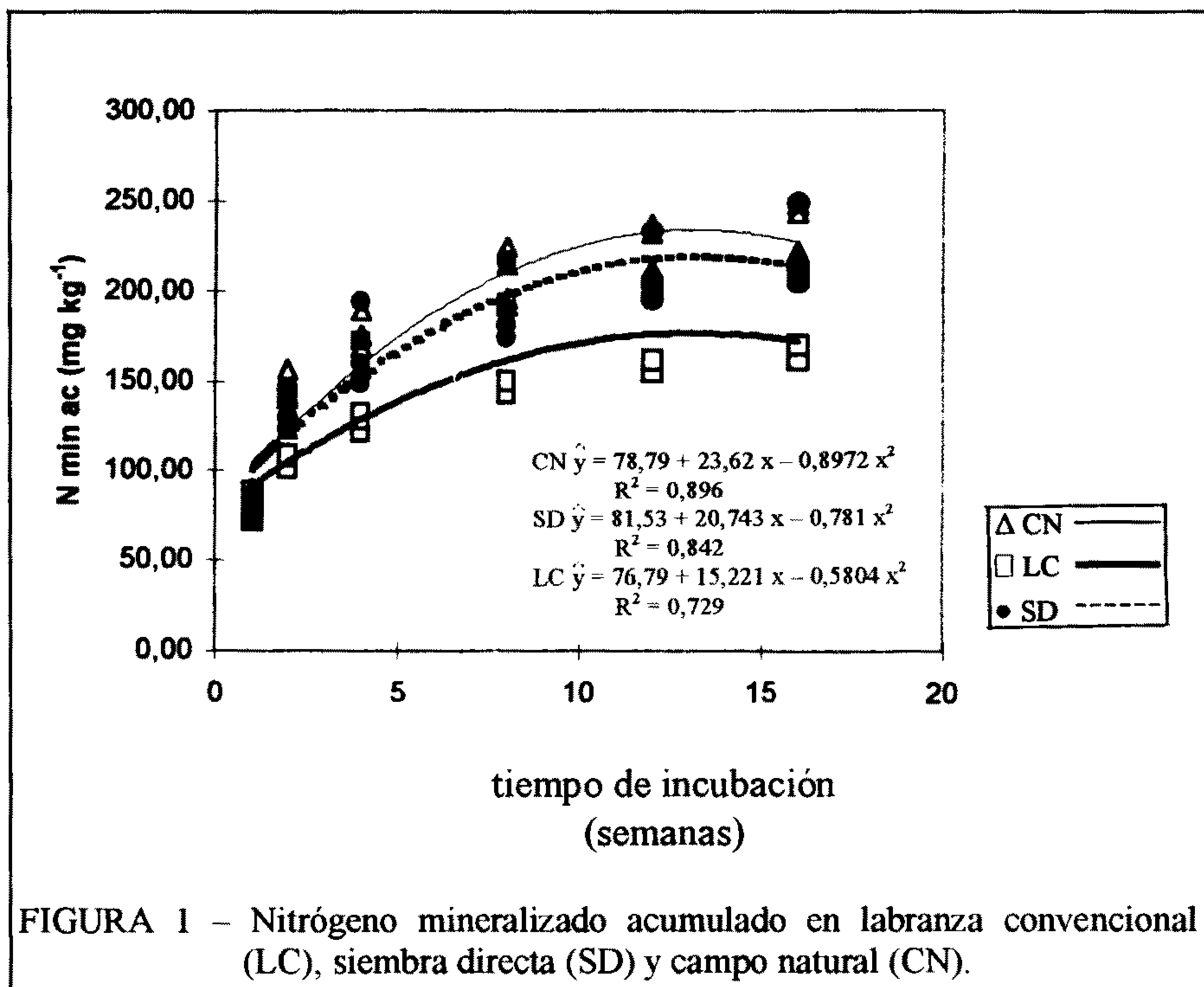
El N mineral presente en las muestras al iniciar las incubaciones presentó valores crecientes labranza convencional, siembra directa y campo natural. Labranza convencional representó un 54% del valor máximo encontrado y siembra directa un 65%, aunque esta diferencia de 11% entre ambas situaciones no alcanzó para ser estadísticamente significativa.

En la Figura 1 se presenta la evolución del nitrógeno mineralizado en el tiempo de incubaciones para las tres situaciones evaluadas. Se presenta además el ajuste de cada una de las curvas a un modelo polinómico.

En las dos primeras semanas de incubación, pero particularmente en la primera, se mineralizó una cantidad sumamente importante de N, lo que ha sido explicado por Navarro et al. (11) como un efecto de la

manipulación de las muestras (secado, molido, tamizado y acondicionamiento).

La similitud en los resultados de N mineralizado en siete días en las tres situaciones analizadas podría deberse a que en este lapso se hubiera alcanzado una alta concentración de N mineral que afectó el desarrollo de los microorganismos. Esto podría superarse acortando el tiempo entre lavados para cuantificar el N mineralizado en esta primera etapa.



Cuando se analizó el N mineralizado en las dos primeras semanas de incubación, las tres situaciones comenzaron a diferenciarse. Esta diferenciación se hizo más importante si consideramos el N mineralizado acumulado en cuatro meses. En este lapso, el N mineralizado en la muestra proveniente de labranza convencional representó un 75% de campo natural, en tanto que en siembra directa se encontró un 94%. El N mineralizado acumulado en cuatro meses representó alrededor de un 10% del N total de las muestras.

La población de nitrificantes del suelo presentó valores mayores en siembra directa (Cuadro 2). Probablemente en labranza convencional la remoción disminuyó el número de bacterias pertenecientes a este grupo fisiológico y en el sistema campo natural haya una menor aireación por

compactación natural del suelo. Cabe recordar que la siembra directa en la situación muestreada cuenta con dos años desde el inicio de su aplicación y no presenta aún problemas de densificación superficial.

CUADRO 2 – Número de microorganismos nitrificantes del suelo en los sistemas de manejo evaluados		
Sistemas de manejo	Nitritadores (gérmenes g⁻¹)	Nitratadores (gérmenes g⁻¹)
Lab. convencional	2,4.10 ³	2,7.10 ²
Siembra directa	1,5.10 ⁴	1,9.10 ⁴
Campo natural	1,1.10 ³	3,2.10 ²

CONCLUSIONES

El análisis de los resultados de determinaciones realizadas al evaluar los sistemas labranza convencional, siembra directa y campo natural, indica: a) que las propiedades biológicas (biomasa microbiana y nitrógeno mineralizado) resultan valiosas para caracterizar la calidad del suelo; b) la biomasa microbiana evaluada por el contenido de carbono y nitrógeno fue mayor en el sistema siembra directa que en labranza convencional; c) el N mineralizado acumulado en cuatro meses de incubación fue mayor en siembra directa que en labranza convencional y representó aproximadamente el 10% del N total; y d) en las condiciones estudiadas el sistema de siembra directa a solo dos años de su implementación comenzó a manifestarse como promisorio en recuperación de algunas propiedades biológicas del suelo, ya que los datos obtenidos resultan intermedios entre el sistema de labranza convencional y el campo natural.

REFERENCIAS

1. ABRIL, A.; CAUCAS, N. & NUÑEZ-VAZQUEZ, F. Sistemas de labranzas y dinámica microbiana del suelo en la región central de la provincia de Córdoba (Argentina). *Ciencia del Suelo*, 13:104-6, 1995.
2. ALVAREZ, C.; GRIGERA, S. & ALVAREZ, R. Distribución de la biomasa microbiana total y activa y mineralización del carbono orgánico para labranza convencional, siembra directa y pastura. In: Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, XV, La Pampa Argentina, 1996. Actas, s.n.t. p. 37.
3. ANDRIULO, A.; GALANTINI, J.; PECORARI, C. & TORIONI, E. Materia orgánica del suelo en la Región Pampana Argentina. I. – Un método de fraccionamiento por tamizado. Pergamino, INTA EEA Pergamino, 1991. 18 p. (Informe Técnico n° 250).
4. BENINTENDE, S. & BENINTENDE, M. Biomasa microbiana en praderas en rotaciones ganadero agrícolas, fertilizadas con fósforo. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 26:93-9. 1995.

5. BENINTENDE, M.; BORGETTO, O. & BENINTENDE, S. Mineralización de nitrógeno y contenido de biomasa microbiana en diferentes sistemas de laboreo. *Ciencia del Suelo*, 13:98-100, 1995.
6. BREMNER, J.M. & KEENEY, D.R. Steam distillation methods for determination of ammonium, nitrate and nitrite. *Anal. Chim. Acta*, 32:485-95, 1965.
7. CAMPBELL, C.; MOULIN, A.; BOWREN, K.; JANZEN, H.; TOWNLEY-SMITH, L. & BIEDERBECK, V. Effect of crop rotation on microbial biomass, specific respiratory activity and mineralizable nitrogen in a Black Chernozemic soil. *Can. J. Soil Sci.*, 72:417-27, 1992.
8. CORDONE, G.; ANDRIULO, A. & RECOUS, S. Evolución de residuos de cosecha de maíz, girasol, soja y trigo según la ubicación en el suelo. In: *Congresso Latino-Americano de Ciência do Solo*, 13, Águas de Lindóia, Brasil, 1996. Anais, s.n.t., p. 191-4.
9. ETCHEVERRÍA, H.; BERGONZI, R. & FERRARI, J. Carbono y nitrógeno de la biomasa microbiana de suelos del sudeste bonaerense. *Ciencia del Suelo*, 10/11: 36-41, 1993.
10. GARCÍA, A. & MORÓN, A. Estudios de C, N y P en la biomasa microbiana del suelo en sistemas de rotación agrícola. *INIA*, 1:111-26. 1992.
11. NAVARRO, C.; ETCHEVERRÍA, H.; GONZÁLEZ, N. & IGLESIAS, M. Cinética de las reacciones de amonificación y nitrificación en algunos suelos de la Argentina. *Reunión de la Ciencia del Suelo*, 9, Paraná, Argentina, 1980. Actas, 1980, p. 431-7.
12. PAGE, A.; MILLER, R. & KEENEY, D. (eds.). *Methods of soil analysis. Part 2. USA*, American Society of Agronomy, 1982. 1572 p.
13. POWLSON, D.; BROOKS, P. & CHISTENSEN, B. Measurement of soil microbial biomass provides an early indicator of changes in total soil organic matter due to straw incorporation. *Soil Biol. Biochem.*, 19:159-65, 1987.
14. RASMUSSEN, P. & COLLINS, H. Long-term impacts of tillage, fertilizer, and crop residue on soil organic matter in temperate semiarid regions. *Advances in Agronomy*, 41:93-133, 1991.
15. RIZALLI, R.; NAVARRO, C. & ECHEVERRÍA, H. Efecto del manejo y estación del año sobre la capacidad de mineralización y la biomasa total en un Argiudol típico del Sudeste Bonaerense. *Ciencia del Suelo*, 2:61-7, 1984.
16. SHEN, S.; PRUDEN, G. & JENKINSON, D. Mineralization and immobilization of nitrogen in fumigated soil and the measurement of microbial biomass nitrogen. *Soil Biol. Biochem.*, 16:437-44, 1984.
17. STANFORD, G. & SMITH, S. Nitrogen mineralization potentials of soils. *SSSAP*, 36:465-72, 1972.