

Actividad microbiana y número de nitrificadores y celulolíticos en un suelo cultivado con trigo bajo distintos sistemas de labranza

GABRIELA DIOSMA & PEDRO A. BALATTI

*Cátedra de Microbiología Agrícola, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP.
CC31 1900 La Plata, Argentina. Fax 021-233698*

DIOSMA, GABRIELA & PEDRO A. BALATTI. 1998. Actividad microbiana y número de nitrificadores y celulolíticos en un suelo cultivado con trigo bajo distintos sistemas de labranza. Rev. Fac. Agron., La Plata 103 (1):61-68.

El propósito de este trabajo fue evaluar el efecto de los sistemas de labranza sobre la actividad microbiana y la biomasa de organismos oxidantes de celulosa y amonio. El experimento se realizó con trigo en el Ciclo Agrícola (C. A.) 1995/96 sobre dos sistemas de siembra: convencional y directa fertilizados con urea. En el C. A. 1996 se repitieron los tratamientos agregándose labranza mínima con cincel. Los resultados mostraron que los cambios en el reciclado de Carbono y Nitrógeno no fueron provocados por cambios de la biomasa microbiana sino por la actividad de la comunidad microbiana. La fertilización con urea puede actuar como buen inductor del crecimiento pero sólo si es agregado en el momento de la siembra. El potencial de mineralización del nitrógeno de suelos bajo labranza convencional o labranza mínima fue similar.

Palabras clave: biomasa microbiana, nitrificación, sistemas de labranza, trigo.

DIOSMA, GABRIELA & PEDRO A. BALATTI. 1998. Microbial activity and biomass of cellulose amonium and nitrite oxidizers in wheat fields under conventional and integrated management. Rev. Fac. Agron., La Plata 103 (1):61-68.

The aim of this paper was to evaluate the effect of different management systems on the microbial activity and the biomass of cellulose and nitrogen oxidizers. The experiments were performed in 1995 and repeated in 1996. In 1995, we experimented the conventional and integrated no tillage systems on wheat fertilized with urea. In 1996, we repeated the conventional and integrated tillage systems on wheat and added an alternative integrated system the chisel. Our results suggest that changes in C and N turnover were not provoked by changes in microbial biomass but by the activity of the microbial community. Nitrogen fertilization with urea can act as a good starter only if it is added at the seeding stage. The nitrogen mineralizable potential of conventional and integrated labored soils were similar.

Key words: microbial biomass, nitrification, tillage systems, wheat.

INTRODUCCIÓN

La dinámica del carbono (C) y del nitrógeno (N) del suelo, es decir la mineralización e inmovilización de estos elementos, está determinada entre otros factores, por la cantidad y por la actividad de los microorganismos que

componen la microflora del suelo. La biomasa microbiana representa una pequeña fracción del total de C y N del suelo y tiene un recambio relativamente rápido (Goyal *et al.*, 1993; Joergensen *et al.*, 1994). Más aún, la estructura y la actividad de la microflora son factores claves que controlan la velocidad de

mineralización del N y C del suelo (Pilatti *et al.*, 1988; Hassink, 1994). Los organismos del suelo no son sólo agentes transformadores del N sino que también son un destino importante y por ello se dice que inmovilizan este elemento en el suelo (Bonde *et al.*, 1988; Duxbury *et al.*, 1991). La dinámica del N del suelo se halla estrechamente ligada a la dinámica del C (Franzluebber *et al.*, 1994).

Las variaciones estacionales del C y N en el suelo han sido estudiadas por varios autores, con resultados controvertidos (Abril *et al.*, 1995; Franzluebbbers *et al.*, 1994; Joergensen *et al.*, 1994). Sin embargo, resulta obvio que los procesos biológicos que ocurren en los suelos están influenciados por los factores ambientales como la humedad, temperatura y aereación del suelo, aspectos que están relacionados con las prácticas de manejo que determinan alteraciones en la estructura y textura de los suelos (Brussard, 1994; Beare *et al.*, 1992; Hassink, 1994; Hassink *et al.*, 1994).

La mineralización del N es menos intensa en suelos de textura fina que en suelos de textura gruesa (Van Veen *et al.*, 1985; Hassink, 1994). Hassink (1994) encontró que los porcentajes de C y N orgánico del suelo correlacionaron positivamente con la textura del mismo. Por otro lado, Vazquez & Barberis (1982) determinaron que aunque se producen variaciones estacionales de nitratos, las épocas de los valores máximos y mínimos se pueden alterar con el manejo. Abril *et al.* (1990), Echeverría *et al.* (1992), Santanatoglia *et al.* (1994), Gomez *et al.* (1996), han realizado diversos aportes estudiando el efecto de las labores sobre la microflora del suelo. Esto sugiere que es importante conocer de que manera las prácticas culturales pueden contribuir a aumentar la cantidad de N disponible en el suelo en los momentos de mayor requerimiento del cultivo.

En la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales el área de Cerealicultura está evaluando la productividad del cultivo de trigo bajo labranza convencional (LC), siembra directa

(SD) y con cincelado del suelo (C) en las condiciones de suelo y clima de la zona de La Plata. El área de Microbiología Agrícola interviene en dicho proyecto estudiando la manera en que los diversos sistemas de cultivo afectan no sólo a la población microbiana del suelo sino también a su actividad. El objetivo de este trabajo fue determinar el efecto de los sistemas alternativos de laboreo del suelo sobre la cantidad y actividad de los organismos que alteran el balance C/N del suelo cultivado con trigo. En este trabajo se describe la actividad de la microflora del suelo y la biomasa, de los organismos oxidantes de NH_4^+ , oxidantes de NO_2^- y celulolíticos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Estos ensayos se realizaron en la Estación Experimental Julio J. Hirschhorn dependiente de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la Universidad Nacional de La Plata Prov. de Buenos Aires. Se seleccionó un lote que no fue laboreado durante 25 años. El suelo es un argiudol típico de textura franco limosa, Serie Centeno fase por pendiente, Lanfranco & Carrizo (1987) con un 1,79% de materia orgánica y un pH 5,7 (CaCl_2). En los dos años de cultivo, el suelo fue tratado con glifosato, herbicida total de presiembrado, con una dosis de 4 l ha⁻¹. En el momento de la implantación, se fertilizó en la línea de siembra con 120 kg.ha⁻¹ de P_2O_5 con superfosfato triple comercial al 46%. Durante los dos C.A. se cultivó trigo *Triticum aestivum* variedad Buck Poncho con una densidad de 120 kg de semilla ha⁻¹. El diseño del ensayo del primer C.A. fue en blocks al azar, con 6 tratamientos y 2 repeticiones. En el segundo C.A. se repitió este diseño en blocks al azar con 6 tratamientos y 3 repeticiones. En ambos casos el tamaño de cada parcela fue de 4,4 m x 10 m.

En el C.A. 1995 se realizó el primer experimento, con solo dos métodos de cultivo, siembra directa (SD) y labranza convencional

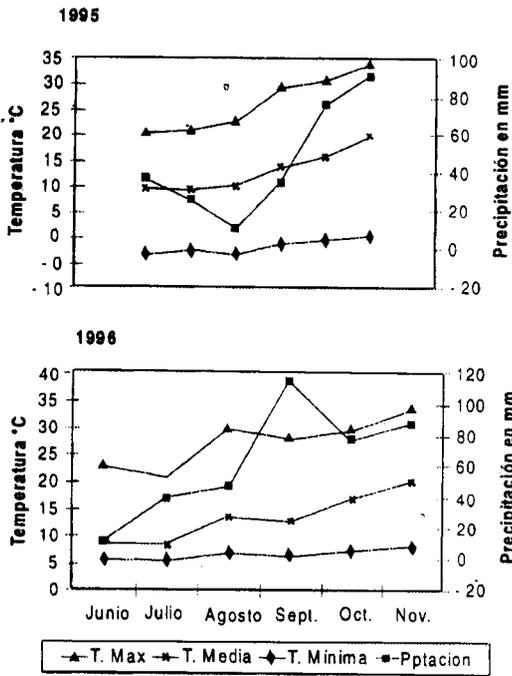


Figura 1. Representación gráfica del régimen de temperaturas y precipitaciones ocurridas durante la campaña 1995 y 1996.

Temperature and water fall regime in 1995 and 1996.

(LC). La LC consistió en dos aradas y rastreadas a 20 cm de profundidad. La siembra directa se realizó en un suelo sin laboreo previo. Se efectuaron dos tratamientos de fertilización de nitrógeno (N) utilizando urea comercial al 46%. Uno consistió en incorporar 90 kg de N.ha⁻¹ en el momento de la siembra. El otro tratamiento se basó en la incorporación de 45 kg.ha⁻¹ de N en el momento de la siembra y los restantes 45 kg al final del período de macollaje. Las muestras de suelo se extrajeron en el momento de la siembra, del macollaje y de la antesis. Por lo cual los tratamientos analizados incluyeron: SD NF (no fertilizado); SD con 90 kg.ha⁻¹ de N en la siembra; SD con 45 + 45 kg.ha⁻¹ de N en la siembra y macollaje. Estos mismos tratamientos se repitieron en el sistema de labranza convencional. En los estudios se determinó como variaba el número

de organismos ante las condiciones de cultivo y también se evaluó el contenido de nitratos y azúcares solubles del suelo (Datos no presentados).

En el C.A. 1996 se repitieron los tratamientos analizados en el anterior C.A., pero además se incorporó un tercer sistema de labranza que fue el cincel. En este C.A., se fertilizó adicionando 27,6 kg de N ha⁻¹ en el momento de la siembra. Es decir que en el segundo C.A. los tratamientos consistieron en : SD NF y SD F (fertilizado); LC NF y LC F; CI (cincel) NF y CI F. En todos los tratamientos se realizaron muestreos de suelo en un tiempo cero, antes de comenzar cualquier tipo de labranza, en la siembra, en el macollaje y en el momento de la antesis.

El análisis estadístico de los experimentos durante el primer año fue de un factorial de 2 tareas X 3 enmiendas X 3 épocas de muestreo. El segundo año de cultivo el diseño también fue de un factorial de 3 tareas X 2 enmiendas X 3 épocas de muestreo. Las diferencias encontradas se estimaron al nivel del 5%.

Toma de la muestra

Se extrajeron muestras de las parcelas utilizando un barreno de 9 cm de diámetro y 8 cm de profundidad. Se conformó una muestra compuesta de cada tratamiento, mezclando 6 submuestras.

Procesado de la muestra

Las muestras se secaron al aire durante 24 hs., se tamizaron con un cedazo de 0,5 mm, realizándose un cuarteo hasta obtener 10 g de suelo, que pasó a constituir el inóculo. Posteriormente, se realizaron diluciones sucesivas hasta llegar a una dilución de 1 x 10⁻⁶. Se sembró 1 ml de las últimas diluciones en series de tres tubos en paralelo que contenían el caldo de cultivo específico para celulolíticos, oxidantes de NH₄⁺ y de NO₂⁻; cada uno con una repetición Pochon *et al.* (1962). Los tubos se incubaron a una temperatura de 28 °C.

El Número Más Probable (NMP) por gramo de suelo seco se estimó utilizando las tablas de McCrady.

El grupo funcional de organismos celulolíticos se evaluó luego de 14 días de incubación, observándose los tubos positivos por la aparición de colonias pigmentadas sobre la banda de papel o por la ruptura del mismo.

Los organismos oxidantes de NH_4^+ se evaluaron luego de un período de incubación de 20 días, determinándose la presencia de nitritos por la aparición de un color rosado cuando se agrega el reactivo de Griess Ilosva modificado. La actividad de los organismos oxidantes de NO_2^- se evaluó a los 45 días de incubación. En este caso también se utilizó el reactivo de Griess Ilosva modificado, pero se observó la desaparición del color rosado.

Contenido de Nitratos del suelo

Se analizó utilizando el método de Cataldo *et al.* (1985). Para esto se colocaron 10 g de suelo en 50 ml de agua que se incubó con agitación por 24 hs. a 5 °C.

Actividad de las deshidrogenasas

Se determinó de acuerdo a la metodología sugerida por Casida *et al.* (1964).

En el segundo año de cultivo se evaluó el contenido de celulosa del suelo, datos que no se presentan por no mostrar diferencias significativas. Con este fin se realizó una hidrólisis ácida en SO_4H_2 2 M a 100° C durante 1 hora. Los carbohidratos liberados se determinaron por una reacción con reactivo de Antrona tal cual lo sugerido por Ashwell (1956). La cantidad de azúcares solubles del suelo se extrajeron por agitación de 10 g de suelo en 50 ml de agua y luego se determinaron según lo descripto por Ashwell (1956).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La biomasa de los organismos que mineralizan el nitrógeno, oxidantes de amonio y de

nitritos, y la actividad de éstos, permiten estimar la capacidad de mineralización de N de un suelo. La cantidad de organismos nitrificadores y nitrificadores en los suelos bajo LC y bajo SD fue estadísticamente distinta (Fig. 2A; Fig. 2B), la fertilización provocó cambios significativos en el número de microorganismos. El aumento de organismos nitrificadores muy probablemente fue inducido por la enmienda de urea en el momento de la siembra. Los microorganismos nitrificadores en contraposición a los nitrificadores se encontraban en bajo número en el momento de la siembra y la fertilización con urea no alteró su dinámica en el suelo. En el momento de la antesis el número de nitrificadores tiende a aumentar levemente respecto del macollaje.

La dinámica y actividad de los microorganismos relacionados con la mineralización del nitrógeno de alguna manera es reflejada por el contenido de nitratos del suelo que estuvo directamente vinculado con la cantidad de urea incorporada en el momento de la siembra. Bloem *et al.* (1994) encontraron una mayor tasa de mineralización en suelo bajo SD que bajo LC. En la Figura 2A se observa que el número de microorganismos presentes en el suelo bajo SD fertilizado con 90 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de N fue menor en el momento de la siembra. Sin embargo, en este mismo momento es cuando se detectó el mayor contenido de nitratos de ese suelo, que no fue distinto del resto de los tratamientos con fertilización (Fig. 3) Estos datos de la misma manera que los obtenidos por Abril *et al.* (1990) sugieren que la carga de oxidantes de amonio presentes en el suelo es suficiente para que ocurra una intensa mineralización del N. Es decir que la capacidad de mineralización de los suelos cultivados bajo LC o SD parece ser la misma.

Los suelos fertilizados con 90 $\text{Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de N fueron los que mostraron el mayor contenido de NO_3^- ; aunque las diferencias con la fertilización de 45+45 no son importantes. Los suelos que recibieron la fertilización con urea en el momento de la siembra y en el macolla-

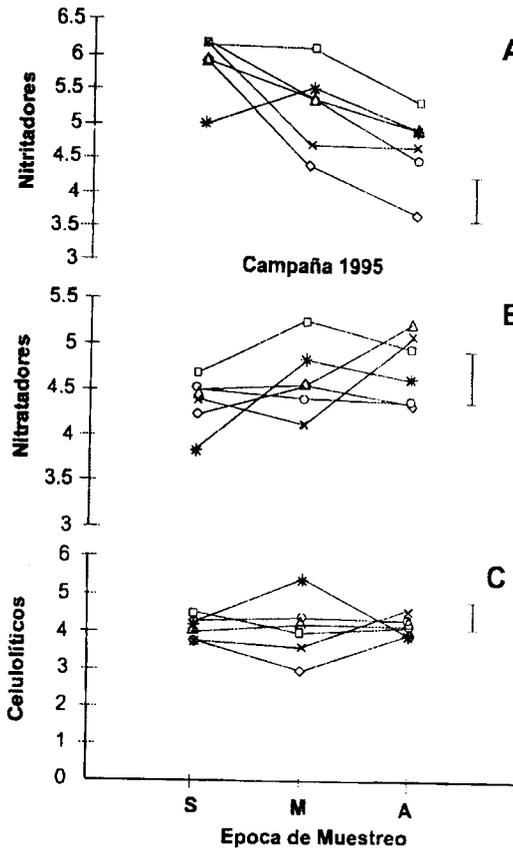


Figura 2. Logaritmo del número de microorganismos presentes en suelos cultivados bajo distintos métodos de labranza en la campaña 1995. Los tratamientos fueron \diamond LC; \square LC + 90 kg de urea/ha; \triangle LC + 45 kg en la siembra + 45 kg de urea en el macollaje; \times SD; \ast SD + 90 kg de urea/ha; \circ SD + 45 kg de urea/ha en la siembra + 45 kg de urea en el macollaje. La barra en el gráfico indica LSD al nivel del 5%.

Log number of microorganisms present in soils cultivated under different tillage system in 1995. The treatments were: \diamond LC; \square LC + 90 kg of urea/ha; \triangle LC + 45 kg st seeding + 45 kg of urea at tillering; \times SD; \ast SD + 90 kg of urea/ha; \circ SD + 45 kg of urea/ha at seeding + 45 kg of urea/ha at tillering. The bar represents LSD at the 5% level.

je tuvieron un contenido apenas menor de NO_3^- . Sin embargo, es evidente que la adición de 45 kg de N en el macollaje no se vió reflejado en un aumento del contenido de NO_3^- del suelo y esto coincide con los resultados de Videla *et al.* (1996). Ellos observaron que los suelos que recibieron la fertilización con N aplicado como urea en el macollaje no se tradujo en un aumento de la cantidad de NO_3^- del suelo. Es probable que el N adicionado en el macollaje haya sido utilizado por el cultivo en activo crecimiento, compitiendo de esta manera con los microorganismos por la fuente nitrogenada. Tanto durante el macollaje como durante la antesis, el contenido de nitratos de los suelos cultivados con cada tipo de labranza fue similar (Fig. 3).

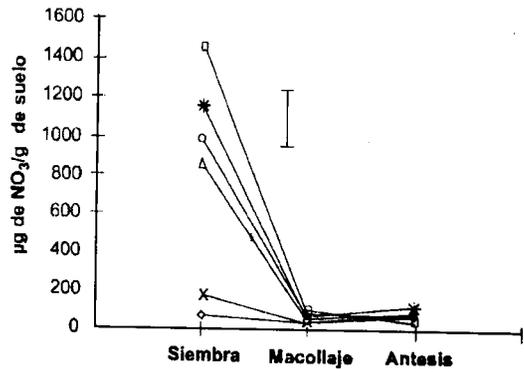


Figura 3. Contenido de nitratos de las muestras de suelos extraídas de un cultivo de trigo bajo diversos métodos de labranza. Los tratamientos fueron: \diamond LC; \square LC + 90 kg de urea/ha; \triangle LC + 45 kg en la siembra + 45 kg de urea en el macollaje; \times SD; \ast SD + 90 kg de urea/ha; \circ SD + 45 kg de urea/ha en la siembra + 45 kg de urea en el macollaje. La barra en el gráfico indica LSD al nivel del 5%.

Nitrate content of soil samples from a wheat field experiment cultivated under different tillage systems. The treatments were: \diamond LC; \square LC + 90 kg of urea/ha; \triangle LC + 45 kg st seeding + 45 kg of urea at tillering; \times SD; \ast SD + 90 kg of urea/ha; \circ SD + 45 kg of urea/ha at seeding + 45 kg of urea at tillering. The bar represents LSD at the 5% level.

La biomasa de organismos celulolíticos determinada por el NMP no fue modificada por las labranzas. En la Figura 2C se presentan los resultados obtenidos para los distintos sistemas de cultivo. Aunque es posible observar tendencias, las diferencias no fueron significativas. Esto es llamativo puesto que la dinámica del N en el suelo está siempre asociada a la dinámica del Carbono.

Es decir que los resultados obtenidos en el primer año de cultivo sugieren que las labores pueden provocar cambios en el número de microorganismos nitrificadores, aunque no altera básicamente el número de organismos celulolíticos. Además, solo la fertilización con urea en el momento de la siembra permitió aumentar la disponibilidad de NO_3^- en el suelo.

En el segundo año de cultivo se planeó determinar nuevamente la biomasa de grupos funcionales por el NMP, pero además se determinó la actividad de la microflora de los suelos, por medio de la actividad de las deshidrogenasas.

Los organismos celulolíticos tampoco en esta campaña fueron afectados por los sistemas de laboreo y aunque nuevamente se observan algunas diferencias en ciertos momentos del cultivo, el balance realizado con anterioridad y durante el cultivo no mostró diferencias significativas (Fig. 4C). Es decir, la biomasa con acción celulolítica parece ser la misma y las variaciones observadas pueden deberse a la variabilidad propia de la técnica del NMP. El análisis del contenido de celulosa y azúcares solubles presentes en los suelos (datos no presentados) fueron similares a aquellos sometidos a los distintos laboreos.

La estructura de la microflora del suelo está determinada por el grado de representatividad de cada uno de los grupos funcionales. El laboreo del suelo no modificó la estructura de la población del mismo puesto que mientras el número de organismos celulolíticos no cambió, tampoco lo hizo el número de los oxidantes de amonio y nitrito (Fig. 4A y 4B). Groot & Houba (1995) encontraron que ni la

biomasa de N ni la de C están correlacionadas con la capacidad de mineralización. Abril *et al.* (1995) encontraron un mayor número de organismos nitrificadores en suelos labreados con siembra directa o cincel, aunque la actividad microbiana fue mayor bajo labranza convencional. Bloem *et al.* (1994) y Franzluebbers *et al.* (1994), encontraron que la mineralización del N fue mayor en sistemas de la-

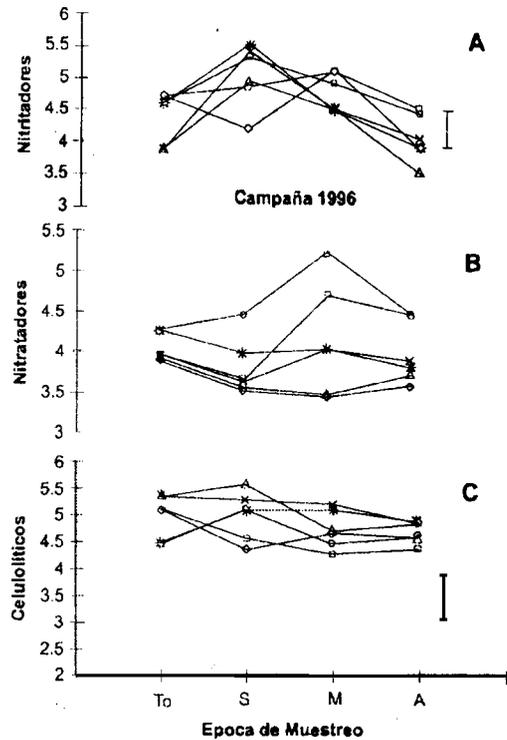


Figura 4. Logaritmo del número de microorganismos presentes en suelos cultivados bajo distintos métodos de labranza en la campaña 1996. Los tratamientos consistieron en: \diamond LCSF; \square LCF; \triangle SDSF; \times SDF; $*$ CSF; \circ CF. Las barras en el gráfico indican el LSD al nivel del 5%.

Log number of microorganisms present in soils cultivated under different tillage systems in 1996. The treatments were: \diamond LCSF; \square LCF; \triangle SDSF; \times SDF; $*$ CSF; \circ CF. Bars in the graph represent the LSD at the 5% level.

branzas integrados y esta diferencia la atribuyeron al mayor contenido de materia orgánica y a una mayor biomasa. Pidello *et al.* (1995) también encontraron que el número de microorganismos en los suelos bajo siembra directa es mayor que en aquellos bajo labranza convencional. Sin embargo, ellos encontraron una mayor actividad respiratoria en estos suelos que estuvo además, inversamente relacionada con la actividad de las deshidrogenasas.

La actividad de las deshidrogenasas del suelo fue la metodología seleccionada como indicadora de la actividad metabólica de la población del suelo. En este trabajo la actividad de las deshidrogenasas varió en función de la época de muestreo (Fig. 5) y de la labor del suelo (Fig. 5). La relación entre la actividad de las deshidrogenasas probablemente esté correlacionado con el aumento de la temperatura y humedad que se registró durante el período de estudio (Fig. 1). La mayor actividad deshidrogenásica se encontró en el cultivo de siembra directa fertilizado, lo que sugeriría una mayor actividad biológica de la microflora. Goyal *et al.* (1993) observaron una alta correlación entre la actividad deshidrogenásica y la biomasa microbiana. Sin embargo, en este trabajo no se encontró correlación entre la actividad de las deshidrogenasas y la biomasa microbiana.

CONCLUSIONES

Se concluye, que los cambios en el reciclado del C y N del suelo no se producen por cambios en la biomasa del mismo sino más bien por la actividad de la microflora. Por ello, las labranzas que pueden aumentar la disponibilidad de NO_3^- en los suelos son aquellas que promueven fundamentalmente la actividad de los oxidantes de amonio y nitritos.

La fertilización con N utilizando urea comercial en el momento de la siembra asegura la disponibilidad de NO_3^- en una etapa crítica como es el arranque del cultivo.

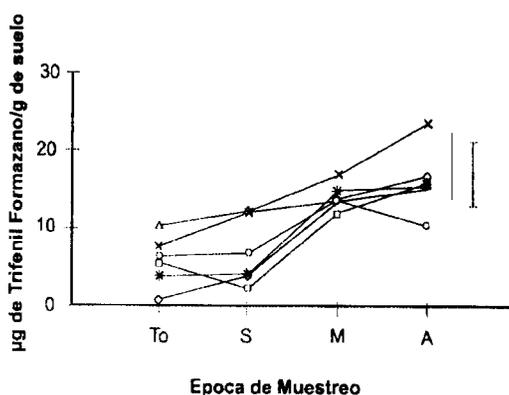


Figura 5. Actividad deshidrogenásica de muestras de suelo extraídas de un cultivo de trigo sometido a diferentes métodos de labranza. Los tratamientos consistieron en: ◇ LCSF; □ LCF; △ SDSF; * SDF; ★ CSF; ○ CF. Las barras en el gráfico indican el LSD al nivel del 5%.

*Dehydrogenase of soil samples from a wheat field experiment cultivated under different tillering systems. The treatments were: ◇ LCSF; □ LCF; △ SDSF; * SDF; ★ CSF; ○ CF. Bars in the graph represent the LSD at the 5% level.*

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar su agradecimiento al Ing. Agr. Hugo Chidichimo por su colaboración; a la Universidad Nacional de La Plata y a la CICBA por financiar el proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

- Abril, A., M. Acosta L. Oliva & O. Bachmeier. 1990. Dinámica estacional de la microflora en un haplustol típico de la región semiárida bajo diferentes manejos agrícolas. *Ciencia del Suelo* Vol. 8: 31-39.
- Abril, A. V. Caucás & F. Nuñez Vázquez. 1995. Sistemas de labranza y dinámica microbiana del suelo de la Región Central de la Provincia de Córdoba (Argentina). *Ciencia del Suelo* Vol. 13: 104-106.

- Ashwell**. 1956. Colorimetric analysis of sugars. *Methods Enzymology* Vol. 3: 73-105.
- Beare, M., R. Parmelee, P. Hendrix & W. Cheng**. 1992. Microbial and faunal interactions and effects on litter nitrogen and decomposition in agroecosystems. *Ecological Monographs* Vol. 62: 569-591.
- Bloem, J., G. Lebbink, K. W. Zwart, L. A. Bouwman, S. L. G. E. Burger, J. A. de Vos & P. C. De Ruiter**. 1994. Dynamics of microorganisms, microbivores and nitrogen mineralization in winter wheat fields under conventional and integrated management. *Agriculture Ecosystems Environment* Vol.51: 129-143.
- Bonde, T. A., J. Schnurer & T. Rosswall**. 1988. Microbial biomass as a fraction of potentially mineralizable nitrogen in soils from long term field experiments. *Soil Biology & Biochemistry* Vol. 20: 447-452.
- Brussaard, L**. 1994. Interrelationship between biological activities, soil properties and soil management. *In: D.J. Greenland and I. Szabolcs (Editors), Soil Resilience and Sustainable Land Use*. CAB International/Wiley, Wallingford, UK, pp. 309-329.
- Casida, L. E., D. A. Klein & T. Santoro**. 1964. Soil dehydrogenase activity. *Soil Sci.* Vol. 98: 371-373.
- Cataldo, D. A., M. Haroon, L. E. Schrader & J. Brokwell**. 1985. Rapid colorimetric determination of nitrite in plant tissue by nitration of salicylic acid. *Communications of Soil Science and Plant Analysis* Vol. 6: 71-80.
- Duxbury, J. M., J. G. Lauren & J. R. Fruci**. 1991. Measurement of the biologically active soil nitrogen fraction by a ^{15}N technique. *Agriculture Ecosystems and Environment* Vol. 34: 121-129.
- Echeverría, A. J., R. Bergonzi & J. Ferrari**. 1992. Carbono y nitrógeno de la biomasa microbiana de suelos del sudeste bonaerense. *Ciencia del Suelo* Vol. 10,11: 36-41.
- Franzluebbers, A. J., F. M. Hons & D. A. Zuberer**. 1994. Seasonal changes in soil microbial biomass and mineralizable C and N in wheat management systems. *Soil Biology and Biochemistry* Vol. 26: 1469-1475.
- Gomez, M., H. Kruger & M. Sagardoy**. 1996. Actividad biológica en un suelo de la zona semiárida bonaerense cultivado con la secuencia soja-trigo bajo tres prácticas culturales. *Ciencia del Suelo*. Vol. 14: 37-41.
- Goyal, S., M. M. Mishra, S. S. Dhankar, K. K. Kapoor & 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. *Biol. Fertility of Soils* Vol. 15: 60-64.
- Groot, J. J. R. & V. J. G. Houba**. 1995. A comparison of different indices for nitrogen mineralization. *Biology and Fertility of Soils* Vol. 19: 1-9
- Hassink, J., A. M. Neutel & P. C. De Ruiter**. 1994. C and N mineralization in sandy and loamy grassland soils: the role of microbes and microfauna. *Soil Biology and Biochemistry* Vol. 26: 1565-1571.
- Hassink, J**. 1994. Effect of soil texture on the size of the microbial biomass and on the amount of C and N mineralized per unit of microbial biomass in dutch grassland soils. *Soil Biology and Biochemistry* Vol. 26: 1573-1581.
- Joergensen, K. G., B. Meyer & T. Mueller**. 1994. Time-course of the soil microbial biomass under wheat: a one year field study. *Soil Biology and Biochemistry* Vol. 26: 987-994.
- Lanfranco, J. & R. Carrizo**. 1987. Carta de suelos de la estación experimental central (Inédito).
- Pidello, A., E. B. R. Perotti, G. F. Chapo & L. T. Menéndez**. 1995. Materia orgánica, actividad microbiana y potencial redox en dos Argiudoles típicos bajo labranza convencional y siembra directa. *Ciencia del Suelo* Vol. 13: 6-10.
- Pilatti, A. M. J. de Orellana, L. Priano, O. Felli & D. Grenon**. 1988. Incidencia del manejo tradicional y conservacionista sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas de un Argiudol del sur de Santa Fe. *Ciencia del Suelo* Vol. 6: 19-29.
- Pochon, J. & P. Tardieux**. 1962. *Techniques d'analyse en microbiologie du sol*. Ed. de la Tourelle. Saint Mande. París.
- Santanatoglia, O., R. Alvarez, N. Barbero & M. Russo**. 1994. Descomposición de la cobertura de rastrojo y evolución de su contenido de nitrógeno en el doble cultivo trigo-soja bajo siembra directa. *Ciencia del Suelo* Vol. 12: 63-67.
- Van Veen, J. A., J. N. Ladd & M. Amato**. 1985. Turnover of carbon and nitrogen through the microbial biomass in a sandy loam and a clay soil incubated with ^{14}C (U)glucose and ^{15}N (NH_4) $_2\text{SO}_4$ under different moisture regimes. *Soil Biology and Biochemistry* Vol. 17: 747-756.
- Vázquez, M. & L. Barberis**. 1982. Variación estacional de la concentración de nitratos en el suelo R.I.A. INTA. XVII: 13-22
- Videla, C. C., J. Ferrari, H. E. Echeverría & M. I. Travasso**. 1996. Transformaciones del nitrógeno en el cultivo de trigo. *Ciencia del Suelo*. Vol. 14: 1-6