

MATERIA ORGANICA, ACTIVIDAD MICROBIANA Y POTENCIAL REDOX EN DOS ARGIUDOLES TIPICOS BAJO LABRANZA CONVENCIONAL Y SIEMBRA DIRECTA

A PIDELLO, E B R PEROTTI, G F CHAPO, L T MENENDEZ.

Laboratorio de Química Biológica Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Nacional de Rosario Bvrd. O. Lagos y Ruta 33. 2170 Casilda, Santa Fe, Argentina

ORGANIC MATTER, MICROBIAL ACTIVITY AND REDOX POTENTIAL IN TWO TYPIC ARGIUDDLIS UNDER CONVENTIONAL PLOWING AND NO-TILLAGE CULTIVATION

The no-tillage (NT) practise has increased in the South-Centre of Santa Fe (Argentina) in the last years. In this paper, preliminary results on the behaviour of some of the microbial processes of the carbon and nitrogen cycles are presented. Agricultural soil was used (Typic Argiudoll) from San Jorge and Chabás under no-tillage cultivation and conventional plowing systems. The results indicate that soil under NT (0-15 cm) showed higher oxidable carbon content (8.7%) and higher CO₂ production (38.9%). The total and inorganic nitrogen and the nitrogen mineralization did not show significant differences with regard the control samples in both soils. The redox condition evolution, measured in the soil from San Jorge did not either show significant differences. Soil under NT showed a lower potential nitrogenase activity in both locations.

Key words: Carbon - Microbial activity - Nitrogen - No-tillage - Redox potential - Typic Argiudoll.

INTRODUCCION

Prácticas conservacionistas de cultivo se llevan a cabo en distintos países del mundo. Investigaciones realizadas en diferentes agrosistemas, indican que a nivel superficial la siembra directa (SD) mejora la disponibilidad de sustratos para los microorganismos (Staley *et al.* 1988, Dalal *et al.* 1991) y aumenta la biomasa microbiana (Granatstein *et al.* 1987, Dalal *et al.* 1991) tanto aeróbica como anaeróbica. A nivel de actividades microbianas, también fueron observados incrementos en la fijación biológica de N₂ no simbiótica (Lamb *et al.* 1987) y en la desnitrificación potencial del suelo (Linn, Doran 1984). Por otra parte, la compactación del suelo, uno de los problemas que fue asociado con esta práctica (Wall 1992) al modificar el nivel de aireación y por lo tanto el potencial de óxido-reducción, puede incidir globalmente sobre las actividades microbianas.

El empleo de la SD se ha incrementado en el país durante los últimos años. Las razones que explican este hecho son diversas, pudiéndose mencionar entre ellas: 1) la existencia de estudios que muestran que, en suelos

donde se aplicó esta técnica durante muchos años, se observaron efectos benéficos sobre las propiedades físicas, químicas o biológicas de los suelos (Pidello 1992); y 2) la constatación por parte de los productores, de que los problemas de erosión ligados al manejo convencional comenzaban a afectar seriamente la productividad de la tierra en zonas tradicionalmente fértiles como la Pampa Húmeda (Rosso 1992).

Con el objetivo de comparar la SD con sistemas tradicionales de labranza, se iniciaron en el país estudios que profundizaron diferentes aspectos del problema. En coincidencia con la bibliografía internacional, los estudios que se realizaron (mayoritariamente en suelos Argiudoles) mostraron que la SD incrementaba el contenido de carbono y de nitrógeno en el suelo (Salas *et al.* 1984, Hansen, Zeljkovich 1984, Saubidet *et al.* 1991). Paralelamente al incremento en el contenido de materia orgánica, Saubidet *et al.* (1991) observaron un mayor número de microorganismos y una mayor capacidad potencial para mineralizar nitrógeno, y Palma y Conti (1989) detectaron un significativo aumento en la actividad ureasa.

En este trabajo se estudiaron en lotes con 5-6 años

de SD y en lotes bajo labranza convencional: 1) algunos procesos del ciclo del carbono (producción de CO₂ y actividad deshidrogenasa) y del nitrógeno (fijación de N₂ y producción de N inorgánico); y 2) la evolución del potencial de óxido-reducción del suelo.

MATERIALES Y METODOS

En el presente estudio se utilizaron suelos de Chabás (CH) y San Jorge (SJ) (Provincia de Santa Fe, Argentina), que fueron trabajados 5 y 6 años con SD respectivamente con rotación trigo-soja. Ambos lotes fueron fertilizados a la siembra de trigo (5 de agosto y 25 de julio respectivamente), con urea (80 kg ha⁻¹). Como controles se emplearon lotes vecinos bajo labranza convencional (LC) con historias agrícolas semejantes y sin fertilización. En los dos casos se trata de Argiudoles típicos (Tabla 1).

Los muestreos a campo se llevaron a cabo con fechas y modalidades diferentes. Entre los meses de mayo y setiembre de 1991 se tomaron 8-10 submuestras (0-15 cm de profundidad) por lote, en forma aleatoria. Con ellas se realizó una muestra compuesta. El suelo se trasladó inmediatamente al laboratorio, donde fue secado con aire forzado y tamizado (malla 1 mm). Todas las determinaciones analíticas se realizaron por quintuplicado. El nitrógeno total (N) se determinó por el método de Kjeldahl y el carbono oxidable (CO) por la técnica de oxidación en frío (Jackson 1964). El nitrógeno inorgánico (NI) se extrajo con KCl 2 N y se cuantificó por destilación-titulación (Bremner, Keeney 1965). La mineralización del N se estudió por el método descrito por Chae y Tabatabai (1986): el suelo fue mezclado con perlas de vidrio y se incubó en columnas de percolación a 30°C durante 60 días. Periódicamente se extrajo el NI por arrastre con CaCl₂ 5 mM (6 veces) y se cuantificó el N-NH₄⁺ y N-NO₂⁻/NO₃⁻ en el extracto por la técnica de Bremner, Keeney (1965). Los resultados se ajustaron mediante la expresión potencial $n = a t^b$ donde n es el nitrógeno mineralizable (NH₄⁺ ó NO₃⁻) y t es el tiempo (Broadbent 1986). La actividad deshidrogenasa (DH) se midió por reducción del cloruro de 2,3,5-trifeniltetrazolio (Casida *et al.* 1964). La producción de CO₂ en suelo humectado con agua destilada (50 % p/p) e incubado a 36 °C, se midió por cromatografía gaseosa (Konik Instruments, Barcelona, España) con detector de conductividad térmica, columna de Porapak Q y He como gas carrier. La actividad nitrogenasa potencial (ANP), determinada por la actividad reductora del acetileno (Boddey 1987), se midió en suelo suplementado con 2 mg C-glucosa + 2 mg C-sacarosa en un volumen tal de agua destilada como para obtener una humectación del suelo del 50% p/p. La atmósfera del tubo fue reemplazada por N₂ (20 segundos) y aire (pO₂ teórico de 0,02 atm). El 10% de esa atmósfera gaseosa fue reemplazada por C₂H₂. La producción de C₂H₄ se midió a las 21 horas por cromatografía gaseosa con detector de ionización de llama y columna de Porapak N. El potencial de óxido-reducción (Eh) se estudió sobre muestras de la localidad de SJ extraídas en mayo de 1991 mediante un cilindro de acero inoxidable (10 cm de diámetro interno, 15 cm de profundidad), colocadas en tubos de PVC del mismo diámetro, cerrados en el extremo inferior con una tapa plástica con orificio (1 cm de diámetro) para permitir el drenaje. Los tubos con suelo (4 de cada suelo) se colocaron en cámara climatizada (26 °C); la humedad inicial (26-28%) se mantuvo por diferencia de peso hasta el día 18, cuando, para evaluar comparativamente el impacto del aumento en el contenido de la humedad sobre el Eh, el suelo se llevó a capacidad de

campo, la cual fue mantenida por diferencia de peso hasta el fin de la experiencia. El Eh se midió en cada cilindro a través de 2 microelectrodos (superficie de Pt de 1,57 mm²) que fueron enterrados a 2 cm de profundidad en el inicio de la experiencia. Los electrodos fueron calibrados, antes de su utilización, con una solución que contenía ferrocianuro de potasio (3 mM), ferricianuro de potasio (3 mM) y KCl (100 mM) (Zo Bell 1946). La medida se realizó con un potenciómetro Orion 407 (Orion Research Incorporated, Massachusetts, USA) y un electrodo de referencia tipo calomel de doble junta (Orion 92-02). La lectura se corrigió sumando 242 mV que corresponden a la fuerza electromotriz de la semipila calomel. Los datos fueron sometidos al análisis de la variancia (Pimentel Gomes 1978).

RESULTADOS Y DISCUSION

Carbono

En coincidencia con estudios realizados en otros países (Dalal *et al.* 1991; Staley *et al.* 1988) y en el país (Andriulo, Rosell 1986, Núñez Vazquez, Salas 1986, Saubidet *et al.* 1991), en los dos suelos estudiados el CO presentó valores superiores en SD (Tabla 1), significativos estadísticamente ($p < 0,05$) en SJ. Cuando se midió la producción de CO₂ en condiciones controladas, se observó que también fue mayor en el suelo bajo SD pero diferente entre localidades (Figura 1). Si bien los contenidos de CO de ambos suelos bajo SD son similares, la producción de CO₂ es mayor en SJ. Este resultado es explicable ya que la existencia de similar CO en ambos suelos no significa que exista con igual aptitud como sustrato para la población heterótrofa (Lescure *et al.* 1992).

La actividad DH, que no se refiere a una enzima específica (Moore, Russel 1972), en muchos suelos

Tabla 1: Contenido de carbono oxidable (CO) nitrógeno total (N) y valores del cociente C/N en dos Argiudoles típicos (Santa Fe, Argentina) bajo siembra directa (SD) y labranza convencional (LC), tamizados (malla 1 mm).

	San Jorge		Chabás	
	SD	LC	SD(1)	LC
	(%)			
CO	1,52*	1,38	1,48ns	1,36
N	0,22ns	0,21	0,18**	0,14
C/N	6,9	6,5	8,2	9,7

(1) Lote fertilizado 10 días antes de la siembra.

(*) $P < 0,05$; (**) $P < 0,01$; ns = no significativo

Tabla 2: Actividades enzimáticas de dos Argiudoles típicos (Santa Fe, Argentina), bajo siembra directa (SD) y labranza convencional (LC)

Actividad enzimática	San Jorge						Chabás	
	16/5		20/8		11/9		15/8	
	SD	LC	SD	LC	SD	LC	SD	LC
Deshidrogenasa (1)	27,1 (1,2)	38,1 NS (3,6)	17,6 (1,4)	24,2 NS (2,1)	ND	ND	12,4 (1,2)	15,5 NS (0,6)
Nitrogenasa potencial (2)	17,0 (0,8)	23,0* (1,0)	0,01 (0,001)	6,6*** (2,8)	8,1 (2,4)	18,1* (1,6)	0,5 (0,1)	4,3*** (0,3)

1: $\text{nmol H}_2 \text{ g}^{-1} \text{ suelo d}^{-1}$

2: $\text{nmol C}_2\text{H}_4 \text{ g}^{-1} \text{ suelo d}^{-1}$

Los valores entre paréntesis corresponden a los errores estándares de la media.

ND: no determinado.

(*) $P < 0,005\%$; (***) $P < 0,001\%$; (NS) no significativo

Tabla 3: Contenido de nitrógeno inorgánico en dos Argiudoles típico (Santa Fe, Argentina, bajo siembra directa (SD) y labranza convencional (LC)

N-inorgánico ($\mu\text{g g}^{-1}$)	San Jorge (1)				Chabás (2)	
	16/5		20/8		15/8	
	SD	LC	SD	LC	SD	LC
N-NH ₄	8,2 (2,2)	7,8 (2,0)	13,4 (1,2)	11,1 (1,5)	29,0** (1,6)	10,1 (0,1)
N-NO ₃	7,0 (0,8)	8,8 (1,9)	9,9* (1,1)	5,0 (1,4)	6,6 (1,3)	3,7 (0,8)

(*) $P = 0,05$; (**) $P = 0,01$

Los valores entre paréntesis corresponden a los errores estándares de la media (1) y (2) suelo de SD fertilizado con urea (80 kg ha^{-1}), el 25 de julio y el 5 de agosto, respectivamente.

apareció correlacionada positivamente con el consumo de O₂ y con la producción de CO₂ (Casida 1977). En nuestro caso, la actividad DH aunque no presentó diferencias significativas ($p < 0,05$), siempre fue algo menor en los suelos bajo SD (Tabla 2), que fueron los que presentaron un mayor contenido de CO y una mayor producción de CO₂. Langensen, Mikkelsen (1973) observaron correlaciones positivas entre la actividad DH y la materia orgánica; en otros casos o bien ambas variables no aparecieron relacionadas (Pancholy, Rice 1973) o bien presentaron una relación inversa (Baligar *et al.* 1991). Nuestros resultados sugieren que en el suelo estudiado podría existir una relación de este último tipo.

Nitrógeno

En SJ, el N-Kjeldahl no presentó diferencias significativas entre tratamientos, mientras que el C/N fue mayor en SD (Tabla 1). Este último resultado es explicado por algunos autores a través de la probable existencia de condiciones de mayor aireación en el suelo atribuibles al laboreo convencional (Doran, Power 1983; Andriulo, Rosell 1986). En CH el N fue superior en SD, pero este lote había sido fertilizado con urea. En la Tabla 3 se presentan comparativamente valores de N inorgánico del suelo bajo SD y suelo control en las dos localidades estudiadas. El contenido de N-NH₄⁺ y N-NO₃⁻ en suelo antes de fertilizar (SJ, muestreo 16 de mayo) sugiere que existe una capacidad mineralizadora similar en ambos suelos. El aporte de urea realizado antes del segundo muestreo, no parece haber gravitado significativamente en la disponibilidad de N-NH₄⁺. Contrariamente, los valores de N-NO₃⁻ aparecieron significativamente aumentados con respecto al control ($p < 0,05$). En el suelo bajo SD de CH, que fue fertilizado 10 días antes del muestreo, se observaron concentraciones significativamente mayores de N-NH₄⁺ ($p < 0,01$) y levemente superiores, aunque no significativas, en el contenido de N-NO₃⁻. En la Figura 2 se comparan las funciones parabólicas obtenidas a partir de datos de mineralización del nitrógeno en los suelos de SJ (Broadbent 1986). Se observa que la producción de N inorgánico (N-NH₄⁺ y N-NO₃⁻) acumulado en los distintos intervalos de tiempo no difiere significativamente entre ambos manejos. Este hecho apoya la hipótesis planteada más arriba, en la cual se sugiere, a partir de los contenidos de N-NH₄⁺ y N-NO₃⁻ observados en las

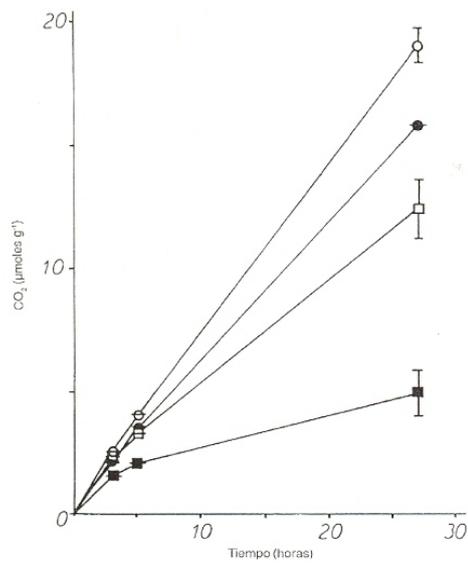


Figura 1: Producción de CO₂ en los suelos de la Provincia de Santa Fe estudiados (○) San Jorge y (□) Chabás. Los símbolos llenos son los suelos controles. Los puntos son promedios de cinco repeticiones por muestra compuesta con sus errores estándares.

distintas fechas de muestreo, que la mineralización del nitrógeno no debía ser demasiado diferente en el suelo bajo SD y en el suelo control.

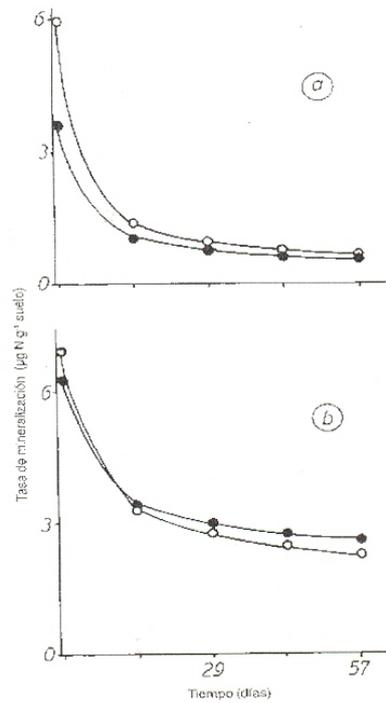


Figura 2: Tasa de mineralización de nitrógeno en suelo de San Jorge (Santa Fe) bajo siembra directa (○) y suelo control (●), a: nitrificación (N-NO₃⁻); b: amonificación (N-NH₄⁺).

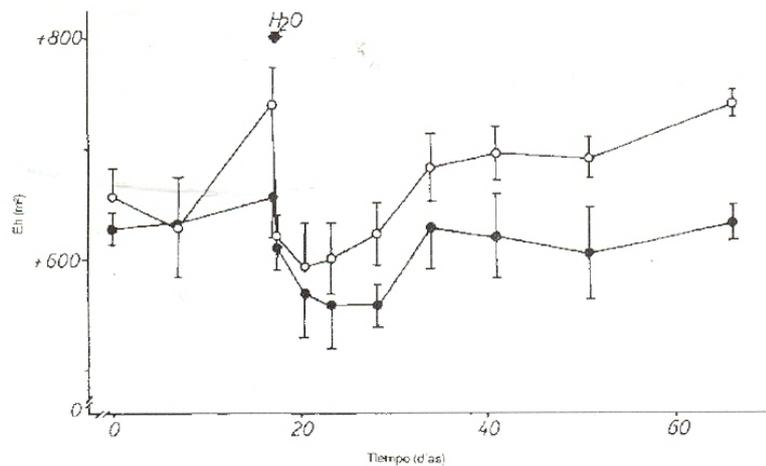


Figura 3: Evolución del potencial de óxido-reducción (Eh) en suelo de San Jorge (Santa Fe) incubado en condiciones controladas de laboratorio (○) siembra directa y (●) control. La flecha indica el momento en que el suelo fue humectado.

La ANP también se presentó inferior en el suelo bajo SD. En la Tabla 2, se observa que en SJ, luego de la fertilización nitrogenada (muestreo 20 de agosto), la ANP experimentó un descenso brusco. En el lote de CH bajo SD, que también había recibido fertilizante, la actividad aparece marcadamente inferior al control que no fue fertilizado. En función de estos resultados parece muy probable que el N inorgánico ejerció un efecto depresor sobre esta actividad, en coincidencia con lo descripto por diversos autores (Giller, Wilson 1993).

Condiciones de óxido-reducción

La Figura 3 muestra la evolución del Eh en las condiciones estudiadas. Los valores iniciales se encuentran alrededor de +650 mV, los que se mantuvieron durante los primeros 18 días. La rehumectación realizada en esa fecha produjo un descenso del Eh (+550 mV) y una posterior recuperación de las condiciones iniciales hacia el final de la experiencia. Los valores de Eh durante la incubación fueron algo superiores en SD, aunque sólo la medida del día 66 indicó diferencias significativas. Este comportamiento del Eh, que refleja un nivel de aireación similar en ambos suelos (Glinski, Stepniowski 1985), tiene relación con algunos resultados discutidos precedentemente: 1) la existencia de un cociente C/N menor en el suelo control (Tabla 1) no puede ser explicada por la existencia de condiciones más aireadas en este suelo, como sugieren algunos autores (Doran, Power 1983; Andriulo, Rosell 1986); 2) la existencia de contenidos de NO_3^- y tasas de nitrificación similares entre ambos tratamientos es previsible si existen similares condiciones de aireación.

AGRADECIMIENTOS

A M I Oyarzábal por la colaboración brindada en el ajuste de la curva de mineralización del nitrógeno.

REFERENCIAS

- Andriulo A, Rosell R. 1986. Distribución de carbono, nitrógeno, fósforo y azufre orgánicos y el pH de un suelo bajo dos sistemas de labranza. XI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Actas: 84
- Baligar V C, Wright R J, Smedley M D. 1991. Enzyme activities in appalachian soils: 4. Dehidrogenase. Soil Sci. Plant Anal. 22: 1797-1804
- Boddey R M. 1987. Methods for quantification fixation associated with graminiae. Critical Reviews in Plant Sciences. CRS Press. Inc. 6: 209-266
- Bremner J M, Keeney D R. 1965. Steam distillation methods for determination of ammonium, nitrite and nitrate. An. Chem. Acta. 32: 485-495
- Broadbent F E. 1986. Empirical modeling of soil nitrogen mineralization. Soil Sci. 141: 208-213
- Casida L E, Klein D A, Santoro T. 1964. Soil dehidrogenase activity. Soil Sci. 96: 371-376
- Casida L E. 1977. Microbial metabolic activity in soil as measured by dehidrogenase determinations. Appl. Environ. Microbiol. 34: 630-636
- Chae Y M, Tabatabai M A. 1986. Mineralization of nitrogen in soils amended with organic wastes. J. Environ. Qual. 15: 193-198
- Dalal R C, Henderson P A, Glasby M. 1991. Organic matter and microbial biomass in a Vertisol after 20 yr of zero-tillage. Soil Biol. Biochem. 23: 435-441
- Doran J W, Power J F. 1983. The effects of tillage on the nitrogen cycle in corn and wheat production. En: Nutrien cycling agricultural ecosystems R Lowrance (ed). Univ. Ga. Coll. Agric. Spec. Pub. N 23. Athens, GA
- Giller K E, Wilson K F. 1993. Nitrogen Fixation in Tropical Cropping Systems. C. A. International Wallingford, UK. 313 p.
- Glinski J, Stepniowski W. 1985. Soil aeration and its role for plants. CRC press. inc. Florida, USA. 229 p.
- Granatstein D M, Bezdicsek D F, Cochran V L, Elliott L F, Hammel J. 1987. Long-term tillage and rotation effects on soil microbial biomass, carbon and nitrogen. Biol. Fertil. Soils. 5:265-270
- Hansen O, Zeljckovich V. 1984. Experiencias sobre sistemas de labranzas en Pergamino. En: Jornada sobre actualización en suelos y labranzas. AACREA. Buenos Aires, junio 1984. p. 19
- Jackson M L. 1964. Análisis químico de suelos. Omega S.A. Barcelona. 662 p
- Lamb J A, Doran J W, Peterson G A. 1987. Nonsymbiotic Dinitrogen Fixation in No-till and conventional wheat-fallows systems. Soil Sci. Soc. Am. J. 51: 356-361
- Langensen K, Mikkelsen J P. 1973. Dehidrogenase activity in Danish soils. Tidssker. Planteavl. 77: 516-520
- Lescure C, Menéndez L, Lensi R, Chalamet A, Pidello A. 1992. Effect of addition of various carbon substrates on denitrification in a vertic Mollisol. Biol. Fertil. Soils. 13: 125-129
- Linn D M, Doran J W. 1984. Effect of water-filled on carbon dioxide and nitrous oxide production in tilled and non-tilled soils. Soil Sci. Am. J. 48: 1267-1272
- Moore A W, Russel J S. 1972. Factors affecting dehidrogenase activity as an index of soil fertility. Plant and Soil. 37: 375-382
- Núñez Vazquez F, Salas H. 1986. Sistemas de labranza para sorgo granifero y soja en rotación. XI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Actas: 106.
- Palma R M, Conti M E. 1989. Influencia de sistemas de labranza y secuencias de cultivos sobre la actividad ureasa de un Argiudol típico de Marcos Juárez (Córdoba). Ciencia del suelo. 7: 51-54
- Pancholy S K, Rice E L. 1973. Soil enzymes in relation to old field succession: Amylase, cellulase, invertase, dehidrogenase and urease. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 37: 47-50
- Pidello A. 1992. Biología y siembra directa. En: I Congreso Interamericano de Siembra Directa. Córdoba, Argentina. Actas: 70-79
- Pimentel Gomes F. 1978. Curso de estadística experimental. Editorial Hemisferio Sur, Buenos Aires, Argentina. 323 p.
- Rosso H. 1992. Nuestra evolución hacia la siembra directa. En: I Congreso Interamericano de Siembra Directa. Córdoba, Argentina. Actas: 29-33
- Salas H P, Núñez Vasquez F, Rainero H P. 1984. Sistemas de labranza para sorgo granifero y maní en rotación. Informe Técnico 92. EEA. Manfredi - INTA
- Saubidet M I, Giambiagi N. 1991. Mineralización biológica de nitrógeno y sistemas de labranza. XIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Actas: 14.
- Staley T E, Edwards W M, Scott C L, Owens L B. 1988. Soil microbial biomass and organic component alteration in a non-tillage chronosequence. Soil Sci. Soc. Am. J. 52: 998-1005
- Wall P. 1992. Siembra directa en Argentina: Futuro y Perspectivas. En: 1er Congreso Interamericano de Siembra Directa. Villa Giardino (Cba.) 8-10 setiembre 1992. p. 15-27
- Zo Bell B T. 1946. Studies on the redox potential of marine sediments. Bull. Am. Assoc. Pet. Geol. 30: 477-513