

FACTORES EDÁFICOS Y DE MANEJO QUE CONDICIONAN LA EFICIENCIA DEL BARBECHO EN LA REGIÓN PAMPEANA

ALBERTO RAÚL QUIROGA^{1,2}; DANIEL OSCAR FUNARO³; ROMINA FERNANDEZ³
y ELKE JOHANA NOELLEMAYER²

¹INTA, EEA Anguil - CC 11- 6326-Anguil (L.P), ²Facultad de Agronomía, UNLPam.

³Becario del Interamerican Institute for Global Change Research (IAI) CRN 001. e-mail: aquiroga@anguil.inta.gov.ar

Recibido: 10/10/04

Aceptado: 09/05/05

RESUMEN

En la región semiárida y subhúmeda pampeana las precipitaciones no logran cubrir los requerimientos de uso consuntivo de los cultivos y normalmente limitan el rendimiento y la respuesta a la fertilización. Una parte sustancial de las precipitaciones tiene lugar durante el período de barbecho y en su mayor parte no es utilizada por los cultivos. Los objetivos del trabajo fueron evaluar durante el período de barbecho, los efectos de a) longitudes de barbecho, b) variaciones en la capacidad de retención de agua (CRA), c) niveles de cobertura y d) sistemas de labranza sobre: contenido de agua, temperatura, resistencia a la penetración (RP) y N-nitratos (N). Con respecto a las longitudes de barbecho estival se obtuvo que el barbecho de mayor longitud dio lugar a mayores contenido de agua (149 mm) y N (81 kg ha⁻¹) respecto al barbecho medio (112 mm, 56 kg N ha⁻¹) y corto (96 mm, 34 kg N ha⁻¹). En Hapludoles la longitud del barbecho afectó principalmente la disponibilidad de N y no se registró diferencia en los contenidos de agua y RP. Sin embargo en Haplustoles énticos con tosca se registraron diferencias significativas en los contenidos de N, RP y agua. En suelos de baja CRA útil (42 mm) no se registraron diferencias entre hacer o no hacer barbecho, mientras que en Haplustoles con mayor CRA (90 y 210 mm) las diferencias en el contenido de agua y nitratos fueron significativas. Bajos niveles de cobertura dieron lugar a una menor eficiencia de barbecho, tanto en el almacenaje de agua como en la disponibilidad de N. También se observaron diferencias significativas en la cantidad de agua almacenada entre siembra directa (SD) (163 mm) y siembra convencional (SC) (118 mm). Asociado a un mayor contenido de agua se comprobó una menor RP en SD. Puede concluirse que las prácticas de manejo y en particular SD pueden incrementar la eficiencia del barbecho. La importancia de los efectos está condicionada en mayor medida por el CRA y por el régimen de precipitaciones.

Palabras clave. Calidad de suelo, sistema de labranza, barbecho, capacidad de retención de agua, cobertura.

SOIL AND MANAGEMENT FACTORS THAT CONDITION FALLOW EFFICIENCY IN THE PAMPA REGION

ABSTRACT

In the semiarid and subhumid pampa region rainfall does not cover the crops' consumptive use and normally limits yields and fertilizer response. A substantial part of rain falls during the fallow period and a high proportion cannot be used by crops. The objectives of this study were to evaluate the effect of a) fallow duration, b) variation in the water retention capacity (CRA), c) soil cover and d) tillage systems on: water contents, temperature, soil resistance (RP), nitrate N (N). The longest summer fallow period resulted in highest water storage (149 mm) and N contents (81 kg ha⁻¹) with respect to intermediate fallow (112 mm water storage, 56 kg N ha⁻¹) and short fallow (96 mm water storage, 34 kg N ha⁻¹). In Hapludoll soils fallow length mostly affected N availability and no effect on water storage and RP were found, while in entic Haplustolls with calcium carbonate hardpans the most significant effects were on water storage, N and RP. In soils with low CRA (42 mm) no difference between fallow and no-fallow treatments were observed, while in soils with high CRA (90 to 210 mm) significant differences in water and nitrate content were found. Low soil cover levels caused a lower water storage and N availability efficiency during fallow. We also encountered significant differences in summer fallow water storage between zero tillage (163 mm) and conventional tillage (118 mm). Due to the higher water content in zero tillage, this treatment also showed lower values of RP. It can be concluded that management practices, and in particular zero tillage can increase the efficiency of summer fallow. The importance of their effects is conditioned by soil water storage capacity and rainfall.

Key words. Soil quality, tillage systems, fallow, soil water storage capacity, soil cover.

INTRODUCCIÓN

La evaporación es el principal factor de pérdida de agua, estimándose que entre el 50 y 70 % de la precipitación anual retorna directamente a la atmósfera sin intervenir en el proceso productivo. Este aspecto resulta

particularmente relevante en regiones semiáridas considerando que bajo determinadas condiciones climáticas la producción de materia seca es una función lineal de la transpiración (Arkley, 1963).

En la Región semiárida y subhúmeda pampeana las precipitaciones no logran cubrir los requerimientos de uso consuntivo de los cultivos y normalmente limitan el rendimiento y la respuesta a la fertilización. Del análisis de las precipitaciones se comprueba que una parte sustancial de las mismas tiene lugar durante el período de barbecho de verano y en su mayor parte no es utilizada por los cultivos de invierno. Quiroga *et al.* (2003) mostraron que tan solo un 34% y 24% de las precipitaciones durante el barbecho en SD y SC, respectivamente, lograron ser transferidas al ciclo de los cultivos.

Lampurlanes *et al.* (2002) señalan que la conservación del agua durante el barbecho resulta principalmente dependiente del tipo de suelo, sistema de labranza, probabilidad de precipitaciones y capacidad del suelo para almacenar agua (CRA). Considerando que el peso relativo de cada factor varía entre sitios, es frecuente observar resultados contrastantes entre experiencias, los cuales dan lugar a controversias sobre el valor del barbecho para la conservación del agua en regiones semiáridas. Por ejemplo, Lampurlanes *et al.* (2002) evaluaron la eficiencia de almacenaje de agua durante el barbecho sobre dos suelos con CRA contrastante (80 mm y 268 mm) y sometidos a distintos sistemas de labranza. Comprobaron que en el suelo con menor CRA la eficiencia de almacenaje fue baja y no se registraron diferencias entre sistemas de labranza. Estos resultados coinciden con los obtenidos por McAnaney y Arrúe (1993), quienes comprobaron que la eficiencia del barbecho fue condicionada por la baja CRA de los suelos. Estos autores además hallaron que la escasa cobertura de residuos en suelos francos de la región semiárida del Ebro no posibilitó reducir las pérdidas de agua por evaporación aún en SD. Similares resultados que demuestran la relación altamente significativa entre cobertura de residuos y agua almacenada en el suelo, fueron obtenidos en Nebraska sobre suelo franco arcillo limoso (Wilhelm *et al.*, 1986) y en la Región semiárida pampeana sobre suelo franco arenoso (Quiroga *et al.*, 1996). No obstante la coincidencia en esta serie de estudios, Prasad y Power (1991) señalan que la cobertura de residuos del suelo puede tener un efecto positivo, negativo o ningún efecto sobre el rendimiento de grano dependiendo de las condiciones climáticas y edáficas, por la escasa incidencia del barbecho en suelos de baja CRA. Expresan que dada la interacción entre factores no es conveniente definir un sistema de manejo de residuos que resulte más adecuado a todas las situaciones que se presenten en una región. Indican además que si bien en regiones semiáridas el manejo de residuos puede afectar el rendimiento, este efecto generalmente resulta dependiente de otras prácticas de manejo, por ejemplo la utilización de fertilizantes nitrogenados para atenuar los efectos de

inmovilización. Estos resultados difieren con los obtenidos por Soon (1999), quien comprobó que el rendimiento de grano y la nutrición no fueron afectados por la remoción del rastrojo en un sistema de siembra continua de cebada realizado durante 10 años.

Numerosos estudios señalan a distintos parámetros físicos del suelo como principales condicionantes de la eficiencia de captación, almacenaje y uso de las precipitaciones, incidiendo sobre la dinámica del agua y/o el desarrollo de las raíces. Valores de resistencia a la penetración (RP) > 2 MPa dieron lugar a una significativa reducción en el desarrollo de raíces (Atwell, 1993) y concentración de N y K en hoja (Atwell, 1990). Sin embargo, se ha comprobado que suelos bien estructurados o con presencia de biocanales no limitan el desarrollo de las raíces a pesar de presentar altos valores de RP (Lampurlanes y Cantero-Martínez, 2003).

El desarrollo del sistema radical es uno de los factores más importantes en la captación y eficiencia de uso del agua al incidir sobre la relación transpiración/evaporación (Amir *et al.*, 1991). Otro factor tendiente a optimizar esta relación es la cobertura del suelo que al reducir las pérdidas por evaporación incrementa la eficiencia de uso del agua (Prasad y Power, 1991). Por lo expuesto se plantea como hipótesis que la eficiencia del barbecho en Hapludoles y Haplustoles de la región subhúmeda y semiárida pampeana, puede ser mejorada con prácticas de manejo.

Se define como objetivo de trabajo evaluar durante el período de barbecho, los efectos de variaciones en la CRA, sistemas de labranza, niveles de cobertura y longitudes de barbecho sobre parámetros de suelo estrechamente relacionadas con la productividad de los cultivos.

MATERIALES Y MÉTODOS

1- Área de estudio

Las experiencias fueron establecidas en el Este de La Pampa y Oeste de Buenos Aires, sobre Haplustoles y Hapludoles pertenecientes a las regiones de la planicie con tosca y planicie mediana. Estas regiones presentan un gradiente de variación en las precipitaciones, desde el Este (810 mm, 30 de agosto) al Oeste (620 mm, Santa Rosa).

2- Propiedades de los suelos

Los suelos localizados al Este de la zona de estudio se clasificaron como Hapludoles típicos, y los del Centro y del Oeste como Haplustoles énticos (Petrocálculos en algunos casos). Entre sitios se registró un amplio rango de variación en la profundidad del suelo (40- > 200 cm), contenidos de arcilla (8-18%), limo (11-39%), arena (43-78%), materia orgánica (1,27-3,51%) y cobertura de residuos (Tabla 1). La CRA de los suelos fue sumamente variable (30 a 200 mm) y resultó principalmente condicionada

Tabla 1. Caracterización de los suelos donde fueron conducidas las experiencias de barbecho.

Table 1. Soil properties at the experimental sites.

	Sitio	Clasificación (cm)	Prof. (%)	MO (%)	A (%)	L (%)	Ar (%)	Clase Textural	Secuencia evaluada	Cobertura (kg ha ⁻¹)
1	30 Agosto	Hapludol	+200	3,51	17,2	38,9	43,9	F	V-B-G	1.968
2	30 Agosto	Hapludol	+200	1,95	9,2	23,5	67,3	FA	V-B-G	3.088
3	30 Agosto	Hapludol	+200	2,04	10,4	18,6	71,0	FA	P-B-G	900
4	M. Lauquen	Haplustol	+200	1,66	16,1	23,6	60,3	FA	V-B-G	1.528
5	M. Lauquen	Haplustol	+200	1,75	12,1	28,6	59,3	FA	V-B-G	1.180
6	M. Lauquen	Haplustol	+200	1,47	10,4	11,6	78,0	FA	V-B-G	784
7	Anguil	Haplustol	100	2,32	18,4	36,6	45,0	F	V-B-G	1.512
8	Anguil	Haplustol	140	2,59	18,4	35,6	46,0	F	P-B-G	632
9	Anguil	Haplustol	140	2,03	9,2	30,5	60,3	FA	P-B-G	2.932
10	Dorila	Haplustol	+200	2,14	14,0	32,0	54,0	FA	P-B-V	sd
11	Sta Rosa	Haplustol	80	1,27	10,0	22,0	68,0	FA	C-B-V	5.393
12	Sta Rosa	Haplustol	40	1,30	8,2	22,1	69,7	FA	P-B-G	720
13	Sta Rosa	Haplustol	80	1,42	9,0	22,0	69,0	FA	P-B-G	1.140
14	Sta Rosa	Haplustol	200	1,96	11,0	29,0	60,0	FA	P-B-G	2.350

sd: Sin determinar, F: Franco, FA: Franco Arenoso, MO: Materia orgánica, A: Arcilla, L: Limo, Ar: Arena (%), V: Verdeo de invierno, B: Barbecho, G: Girasol, P. Pastura, C. Centeno cosecha.

por variaciones en la granulometría y profundidad del manto calcáreo.

3- Tratamientos y diseños experimentales

Los tratamientos fueron definidos tomando como base la secuencia de cultivos, frecuentemente utilizada en los sistemas mixtos de la Región pampeana: pastura-verde-maíz-girasol-trigo-verde-girasol-pastura. En el presente estudio fueron considerados principalmente dos puntos críticos de la secuencia de cultivos, en lo que respecta a la disponibilidad de agua: salida de verdeos de invierno a cosecha gruesa (barbecho invernal) y salida de pasturas perennes a verdeos de invierno (barbecho estival).

Se realizaron cuatro tipos de experiencias

a) *Evaluación de la longitud del barbecho*: Se evaluó el efecto de tres longitudes de barbecho en SD (corto = 10, medio = 40 y largo = 70 días) sobre los contenidos de agua útil, RP y N al momento de la siembra de verdeo de invierno (barbecho estival, sitio 10) y de girasol (barbecho invernal, sitios 1 a 9).

b) *Efecto de la CRA sobre la eficiencia del barbecho invernal*. Se evaluaron los efectos de tres longitudes de barbecho (c = 10, m = 40 y l = 70 días), realizados sobre pasturas perennes (alfalfa + festuca) sobre los contenidos de agua útil, RP y N al momento de la siembra de girasol (sitios 12, 13 y 14).

c) *Efecto del nivel de cobertura durante el barbecho estival*. Se evaluaron tres niveles de cobertura (Bajo: 1.373 kg ha⁻¹, Medio: 5.393 kg ha⁻¹ y Alto: 9.408 kg ha⁻¹) sobre el contenido de agua útil, temperatura, N y RP al momento de la siembra de verdeos de invierno (sitio 11).

d) *Efecto del sistema de labranza durante el barbecho*

estival. Se evaluó el efecto de labranza convencional y siembra directa sobre el contenido de agua útil, temperatura y RP en el momento de siembra de verdeos de invierno (sitio 11).

En todas las experiencias se utilizó un diseño de bloques completos al azar y parcelas de 50 m², con 3 (en c y d) y 4 repeticiones (en a y b). Los resultados fueron analizados estadísticamente mediante ANOVA y las diferencias entre medias a través del test de Tukey.

3- Determinaciones

Se determinaron los contenidos de: materia orgánica total (Walkley y Black) y fracciones granulométricas (hidrómetro de Bouyoucos) en muestras de suelo tomadas de 0-20 cm, temperatura a 5 y 10 cm de profundidad (termoresistencias de platino), contenido de agua (método gravimétrico) a intervalos de 20 cm hasta 1,40 m o profundidad del manto calcáreo, punto de marchitez permanente (a 1.500 KPa, membrana de presión, Richards), resistencia a la penetración a intervalos de 10 cm hasta los 40 cm de profundidad (penetrómetro de golpe), nitratos de 0-20 cm y 20-60 cm (extracto acuoso con sulfato de calcio y determinación colorimétrica con ácido cromotrópico).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

a) Longitud de barbecho

El corto período de los barbechos en los sistemas mixtos de la Región pampeana, condicionado por la se-

cuencia de cultivos, frecuentemente limita la recarga del perfil y consecuentemente el uso consuntivo, tanto en la secuencia pastura-verdeo de invierno como verdeo de invierno-cultivo de cosecha gruesa. La Figura 1 muestra los resultados de la experiencia donde se evaluó el efecto de tres longitudes de barbecho estival (pastura a verdeo de invierno, sitio 10) sobre los contenidos de agua. El barbecho de mayor longitud dio lugar a un mayor contenido de agua (149 mm) y N-nitratos (81 kg ha⁻¹), respecto a los barbechos medio (112 mm, 56 kg N ha⁻¹) y corto (96 mm, 34 kg N ha⁻¹).

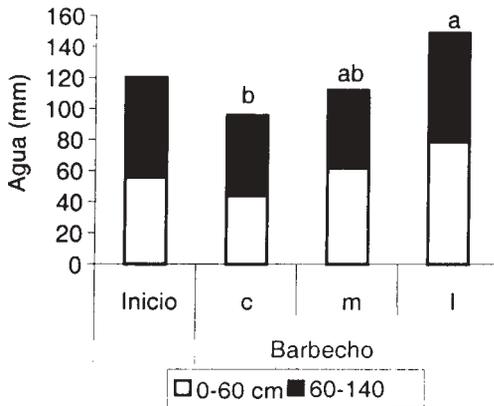


Figura 1. Efecto de tres longitudes de barbecho (c = 10; m = 40 y l = 70 días), en el agua almacenada (mm) hasta una profundidad de 1,4 m. Distintas letras indican diferencias significativas (p < 0,05).

Figure 1. Effect of three winter fallow durations (c = 10; m = 40 y l = 70 days) on water storage during summer fallow. Different letters indicate significant differences (p < 0.05).

Los efectos de diferentes longitudes de barbecho invernal fueron evaluados en 9 sitios (sitios 1 al 9), distribuidos a lo largo de la climosecuencia Este (Hapludoles) - Oeste (Haplustoles).

En Hapludoles (sitio 3) la longitud del barbecho afectó principalmente la disponibilidad de N (Figura 2) y no se registraron diferencias en los contenidos de agua y RP (Figura 3 a). Sin embargo, en Haplustoles (sitio 4) se registraron diferencias significativas en los contenidos de agua, N (Figura 2) y RP (Figura 3 b).

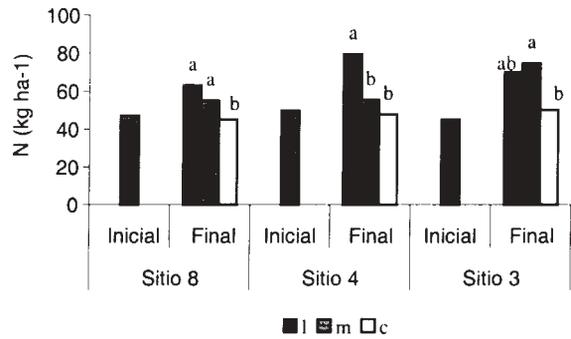


Figura 2. Contenido promedio de N-nitratos correspondiente a 3 sitios en tres longitudes de barbecho (c = 10; m = 40 y l = 70 días). Distintas letras indican diferencias significativas (p < 0,05).

Figure 2. Average nitrate N contents in 3 fallow duration experiments (c = 10; m = 40 y l = 70 days), in a rainfall gradient (East - West). Different letters indicate significant differences (p < 0.05).

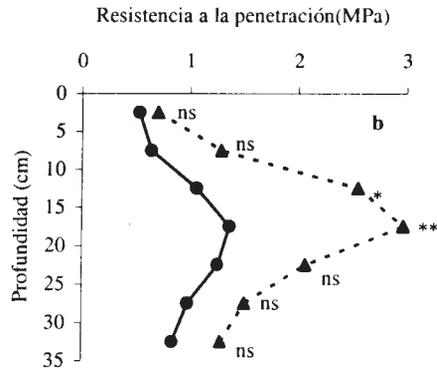
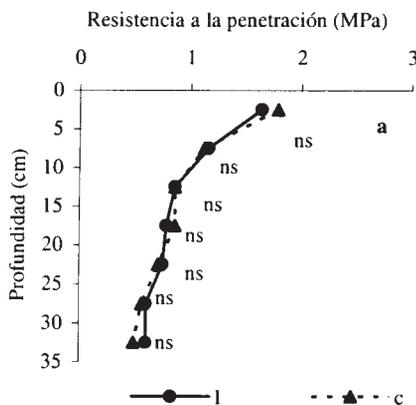


Figura 3. Resistencia a la penetración para dos longitudes de barbecho (l = 70 y c = 10 días), en dos suelos diferentes; a: sitio 3 y b: sitio 4. Diferencias significativas al 5%.

Figure 3. Soil resistance in two fallow durations (l = 70 y c = 10 days), a: site 3, b: site 4.

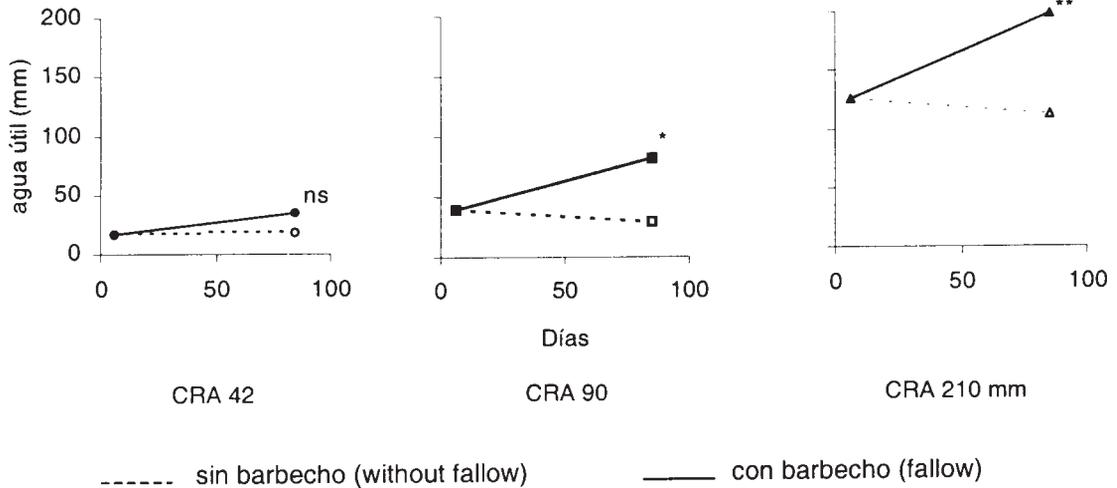


Figura 4. Efecto de la capacidad de retención de agua del suelo sobre el agua útil almacenada durante el barbecho. Diferencias significativas al 5%.

Figure 4. Effect of the soil's water holding capacity on effective water storage during fallow. Different letters indicate significant differences at the 5% level.

b) Efecto de CRA

La Figura 4 muestra la significativa influencia de la CRA sobre la eficiencia de los barbechos. En suelos de baja CRA útil (42 mm) no se registraron diferencias entre hacer o no hacer barbecho, mientras que en suelos de mayor CRA (90 y 210 mm) las diferencias en el contenido de agua y nitratos fueron significativas. Estos resultados son coincidentes con los obtenidos por Lampurlanes *et al.* (2002) quienes comprobaron que suelos con baja CRA (80 mm) dieron lugar a bajas eficiencias de barbecho anulando las diferencias entre sistemas de labranza, respecto de suelos con mayor CRA (268 mm). De manera similar Mc Ananey y Arrué (1993) comprobaron que el agua almacenada durante el barbecho fue condicionada por la CRA de los suelos.

Un comportamiento similar se observó en la relación de CRA con los contenidos de N. En los suelos con mayor CRA se comprobó un mayor efecto de la longitud del barbecho sobre los contenidos de N (Figura 5), mientras que en suelos de baja CRA las diferencias fueron no significativas.

c) Efecto de diferentes niveles de cobertura

A fin de comprobar la influencia del factor cobertura del suelo en SD, se evaluaron los efectos de tres niveles contrastantes de residuos durante el barbecho estival. La Figura 6 muestra que niveles de cobertura bajos dieron lugar a un menor almacenaje de agua y menores

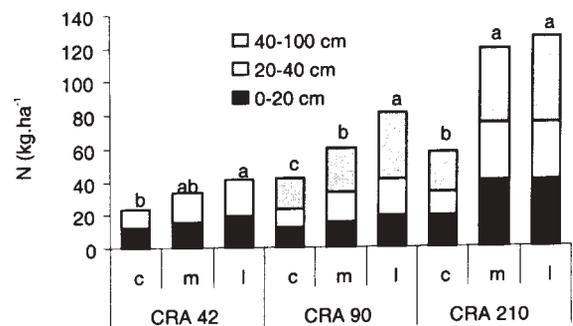


Figura 5. Contenido de N-nitratos a distintas profundidades en suelos con CRA contrastantes y con tres longitudes de barbecho (c = 10; m = 40 y l = 70 días).

Letras distintas muestran diferencias significativas ($p < 0,05$).

Figure 5. Nitrate N contents at different depths in soils with different water holding capacity and three different fallow durations (c = 10; m = 40, l = 70 days). Different letters show significant differences ($p < 0,05$).

contenidos de N disponible. Tanto el sistema de labranza como el nivel de cobertura, afectaron el momento de aparición, tipo y cantidad de malezas (datos no mostrados). En SD y altas coberturas predominaron malezas gramíneas, mientras que en SC y bajas coberturas predominaron malezas latifoliadas.

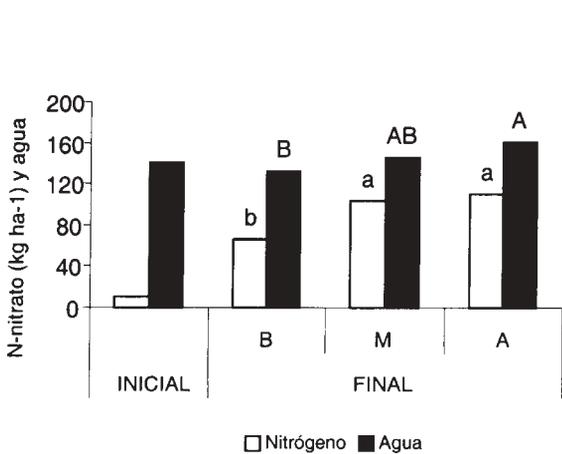


Figura 6. Contenido de agua y N-nitratos hasta 0,8 m de profundidad al inicio y final de barbechos en un suelo con tres niveles de cobertura (B: bajo, M: medio, A: alto). Distintas letras representan diferencias significativas ($p < 0,05$)

Figure 6. Water and nitrate N contents at the beginning and end of fallow in a soil with three different levels of cover (B = low, M = medium, A = high). Different letters indicate significant differences ($p < 0.05$).

Se comprobó una significativa influencia del nivel de cobertura sobre la RP (Figura 7 a) y la temperatura del suelo (Figura 7 b), principalmente durante los primeros 40 días de barbecho, coincidente con el período de mayores temperaturas (diciembre, enero).

d) Efecto de distintos sistemas de labranza

En base a lo expuesto puede inferirse que el efecto de diferentes prácticas de manejo sobre la eficiencia de los barbechos no puede ser convenientemente evaluado en suelos con baja CRA. Por lo tanto, para evaluar los efectos de sistemas de labranza se seleccionó un perfil de suelo con CRA no limitante (> 200 mm de agua útil). Bajo estas condiciones se registraron diferencias significativas en la cantidad de agua almacenada entre SD (163 mm) y SC (118 mm) durante el barbecho estival (Figura 8).

Como consecuencia de un mayor contenido de agua se comprobó una menor RP en el perfil del suelo bajo SD. En SC se registraron valores de RP superiores a los 2 MPa (Figura 9). Estos resultados confirman estudios previos realizados en la Región pampeana por Quiroga *et al.* (1999) y merecen especial atención si se considera que las raíces pueden ejercer un rango de presión vertical que varía entre 0,7 a 2,5 MPa dependiendo del cultivo (Gregory, 1994). Este incremento en la RP puede

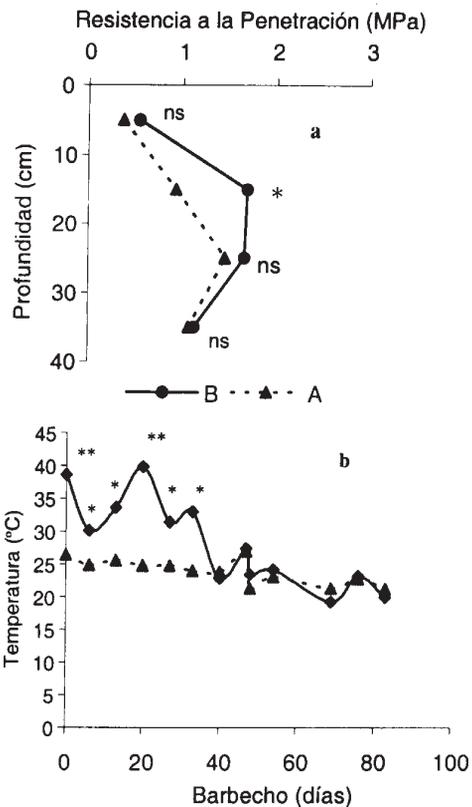


Figura 7. Efecto del nivel de cobertura (B= bajo y A= alto) durante el barbecho estival, a) sobre la resistencia a la penetración, b) sobre la temperatura del suelo. Diferencias significativas al 5%.

Figure 7. Effect of soil cover (B = low, A = high) during summer fallow on: a) soil resistance, b) soil temperature. Significant differences at 5%.

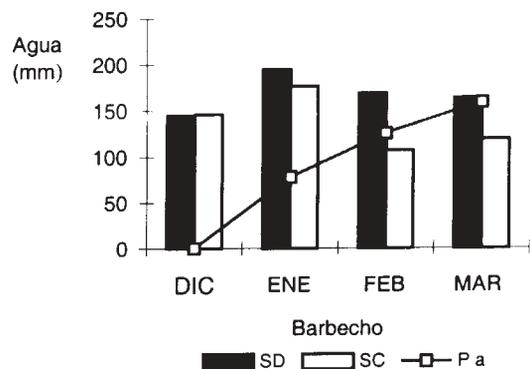


Figura 8. Efecto del sistema de labranza sobre el almacenaje de agua durante el barbecho estival. SD= siembra directa, SC= siembra convencional, Pa = precipitaciones acumuladas.

Figure 8. Effect of tillage system on water storage during summer fallow. SD = zero tillage, SC = conventional tillage, Pa = accumulated rainfall.

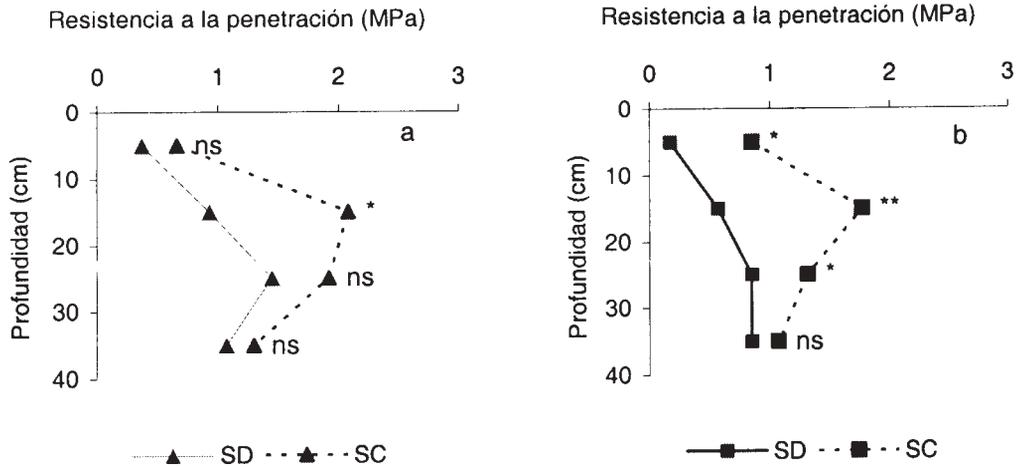


Figura 9. Resistencia a la penetración en siembra directa (SD) y siembra convencional (SC) en dos momentos durante el barbecho estival, en los meses de febrero (a) y marzo (b).

Figure 9. Soil resistance in zero tillage (SD) and conventional tillage (SC) during summer fallow, during the months of February (a) and March (b).

dar lugar a una reducción lineal (Ehlers *et al.*, 1983) o exponencial (Hamblin, 1985) del crecimiento.

Coincidentemente Prasad y Power (1991) comprobaron que índices de cono de 2 a 3 MPa resultan limitantes del crecimiento de las raíces.

Además del efecto sobre el contenido de agua y RP se comprobó una influencia significativa del sistema de labranza sobre la temperatura del suelo registrándose diferencias que superaron los 12 °C (Figura 10). Al respecto, Unger (1978) citado por Prasad y Power (1991) comprobó que la temperatura del suelo (0-7,5 cm) resultó 3 a 10 °C menor que la temperatura del aire durante el período cálido y 2 a 13 °C mayor durante el período más frío. Estos resultados confirman los datos obtenidos en la experiencia c): la mayor cobertura en SD dio lugar a temperaturas de suelo más bajas durante el barbecho estival, generando condiciones para una mayor eficiencia de almacenaje de agua. Simultáneamente se observó una menor RP en SD, que estaría asociada al mayor contenido de humedad.

CONCLUSIONES

La longitud del barbecho afectó positivamente a la acumulación de agua y N disponible, sobre todo en suelos de regiones donde el régimen de precipitaciones es más limitante (Haplustoles). No obstante, en suelos con baja CRA no se comprobó influencia significativa de

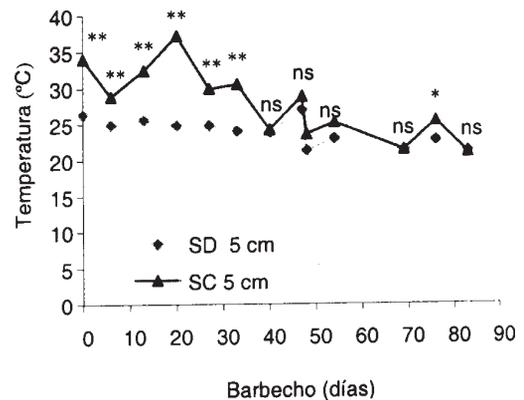


Figura 10. Temperatura del suelo a 5 cm de profundidad durante el barbecho estival bajo dos sistemas de labranza (SD = siembra directa; SC = siembra convencional). Diferencias significativas al 5%.

Figure 10. Soil temperature at 5 cm depth during summer fallow in zero tillage (SD) and conventional tillage (SC). Significant differences at 5%.

prácticas de manejo tendientes a mejorar la eficiencia del barbecho. En suelos no limitados por la CRA se comprobó que el nivel de cobertura afectó significativamente la eficiencia del barbecho en lo relacionado con la acumulación de agua y de N. La tendencia de disminución de la RP asociada a barbechos más largos, mayor cobertura del suelo y en SD se asociaría principalmente con el incremento de humedad del suelo a consecuencia de estas prácticas de manejo.

BIBLIOGRAFÍA

- Amir, J; J Krikun; D Orion; J Putter & S Klitman. 1991. Wheat production in an arid environments. I. Water-use efficiency, as affected by management practices. *Field Crops Res.* 27:351-364.
- Arkley, R. 1963. Relationships between plant growth and transpiration. *Hilgardia* 34:559-584.
- Atwell, B. 1990. The effect of soil compaction on wheat during early tillering. *New Phytol.* 115:29-35.
- Atwell, B. 1993. Response of roots to mechanical impedance. *Environ. Exp. Bot.* 33:27-40.
- Bouyoucos, G. 1962. Hydrometer method improved for making particle size analyses of soils. *Agron. J.* 54:464-465.
- Ehlers, W; U Kopke; F Hesse & W Bhom. 1983. Penetration resistance and root growth of oats in tilled and untilled loess soil. *Soil Till. Res.* 3:261-275
- Gregory, P. 1994. Root growth & activity. P. 65-93. In K. Boote; J. Bennett; T. Sinclair & G. Paulsen (ed.) *Physiology and determination of crop yield*. ASA, CSSA, and SSSA, Madison, WI.
- Hamblin, A. 1985. The influence of soil structure on water movement, crop root growth, and water uptake. *Adv. Agron.* 38:95-158.
- Lampurlanes, J; P Angás & C Cantero-Martínez. 2002. Tillage effects on water storage during fallow, and on barley root growth and yield in two contrasting soils of the semi-arid Segarra region Spain. *Soil Till. Res.* 65:207-220.
- Lampurlanes, J & C Cantero-Martínez. 2003. Soil bulk density and penetration resistance under different tillage and crop management systems and their relationship with barley root growth. *Agron. J.* 95:526-536.
- Mc Aneney K & J Arrúe. 1993. A wheat-fallow rotation in northeastern Spain: water balance-yield considerations. *Agronomie* 13:481-490.
- Prasad, R. & J. Power. 1991. Crop residue management. *Advances in Soil Sc.* 15:205-241.
- Quiroga, A; F Babinec; O Ormeño & L Goñi. 1996. Labranza conservacionista y fertilización de trigo en la región semiárida pampeana. XV Congreso AACCS, La Pampa.
- Quiroga, A; D Buschiazzi & N Peinemann. 1999. Soil compaction is related to management practices in the semi-arid Argentine pampas. *Soil Till. Res.* 52:21-28.
- Quiroga, A; D. Funaro & O Ormeño. 2003. Aspectos del manejo del agua del suelo para el cultivo de trigo. *En: Trigo actualización 2003*, INTA Anguil, *Bol. Tec.* 76:33-44.
- Soon, Y. 1999. Crop residue and fertilizer management effects on nutrient use and barley production. *Can J. Soil Sci.* 79:389-394.
- Wilhelm, WW; JW Doran & JF Power (1986). Corn and Soybean yield response to crop residue management under no-tillage production systems. *Agron. J.* 78: 184-189.