

## DISPONIBILIDAD DE AGUA, NITRÓGENO Y AZUFRE EN BARBECHOS CON Y SIN CONTROL DE MALEZAS EN DISTINTOS NIVELES DE RESIDUOS

ROMINA FERNÁNDEZ<sup>1,2\*</sup>; ELKE NOELLEMEYER<sup>2</sup>; DANIEL FUNARO<sup>1</sup>; ALBERTO QUIROGA<sup>1,2</sup>  
& NORMAN PEINEMANN<sup>3,4</sup>

<sup>1</sup>INTA, EEA Anguil- CC 11- 6326-Anguil (L.P), <sup>2</sup>Facultad de Agronomía, UNLPam, <sup>3</sup>Departamento de Agronomía, UNS, <sup>4</sup>CONICET.  
\* Correo electrónico: rfernandez@anguil.inta.gov.ar

Recibido: 28-08-08

Aceptado: 14-04-09

### RESUMEN

Con el fin de evaluar el efecto de los residuos vegetales sobre la eficiencia de almacenamiento de agua, la dinámica de nitrógeno y azufre disponible durante el barbecho con y sin presencia de malezas, se realizaron 10 ensayos con distintos niveles de residuos (A: 10.000 kg MS ha<sup>-1</sup>, M: 5.000 kg MS ha<sup>-1</sup>, B: menor a 2.000 kg MS ha<sup>-1</sup>) en Haplustoles de las regiones planicie con tosca y planicie medanosa de La Pampa y Sur de Córdoba. En cada tratamiento de residuos se dividieron las parcelas en dos subtratamientos de manejo de malezas: tratamiento con malezas (malezas) y sin malezas (barbecho). Se realizaron determinaciones de: textura, densidad aparente, punto de marchitez permanente, materia orgánica total. Al inicio y al final del barbecho se midió el contenido de agua en el suelo, nitratos (N), azufre de sulfatos solubles y adsorbidos (S) en 0-0,2 m de profundidad. Al comienzo del barbecho todos los sitios presentaron altos contenidos de agua útil (entre 51 y 100%). A pesar de ello, nuestros resultados mostraron que al finalizar el barbecho el nivel de residuos tuvo un efecto positivo en los contenidos de agua con una diferencia entre A y B de 33%. Con presencia de las malezas, no se pudo comprobar una ventaja por parte de los residuos y la diferencia entre A y B fue de 10%. El factor que más influyó en los contenidos de agua fue la presencia de malezas. Los contenidos de N y de S disponible no fueron influenciados por los distintos niveles de residuos, constatándose un mayor efecto de malezas. En el tratamiento con malezas se vería comprometida la siembra del cultivo de girasol por menor disponibilidad de agua y además se afectaría el rendimiento en 200 kg ha<sup>-1</sup> por la menor disponibilidad de N y en 600 kg ha<sup>-1</sup> por menor disponibilidad de S disponible en el nivel A de residuos.

**Palabras clave.** Girasol, región semiárida, Haplustoles, planicie con tosca, planicie medanosa.

### WATER, NITROGEN AND SULPHUR AVAILABILITY IN FALLOWS WITH AND WITHOUT WEED CONTROL AND DIFFERENT RESIDUE LEVELS

#### ABSTRACT

In order to study the effect of crop residues on the efficiency of water storage, available nitrogen and sulphate dynamics during fallow with and without weed presence, ten experiments with different levels of residue (A: 10,000 kg MS ha<sup>-1</sup>, M: 5,000 kg MS ha<sup>-1</sup>, B: less than 2,000 kg MS ha<sup>-1</sup>) were set up in Haplustolls of the tosca and dune plains in La Pampa and south of Córdoba. Each residue treatment was divided into sub-plots with different weed management: without weed control (malezas) and with control (barbecho). Soil texture, bulk density, permanent wilting point, and organic matter were determined in each site. At the beginning and end of fallow soil water contents, nitrate (N) and soluble and adsorbed sulphates (S) were measured in samples from 0 -0.2m depth. At all sites the water content at the beginning of fallow was high (between 51 and 100% available water). Despite this, our results showed a positive effect of residue level on water contents at the end of fallow, with a mean difference between A and B of 33%. In weed treatments no effect of residue was observed, and the difference between A and B was 10%. Water contents were more strongly affected by the presence of weeds than by residue level. Available N and S contents showed no effect of residue level, but were strongly affected by weed presence. In weed treatments sunflower seeding would be severely limited by lower available water contents, and the expectable yields would be diminished by 200 kg ha<sup>-1</sup> or 600 kg ha<sup>-1</sup> due to the lower availability of N and S respectively.

**Key words.** Sunflower, Semiarid region, Haplustolls, tosca plains, dune plains.

### INTRODUCCIÓN

En la región semiárida y subhúmeda pampeana (RSP) 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 comprobó que una parte sustancial de ellas tiene lugar durante el período

do de barbecho y que en su mayor parte no son utilizadas por los cultivos. Al respecto, evaluaciones del contenido de humedad del suelo y precipitaciones a través de una secuencia de 14 años de cultivos establecidos en siembra directa (SD) y en siembra convencional (SC) mostraron que el 64% de las precipitaciones tuvieron lugar durante la etapa del cultivo y el 36% restante durante el barbecho (Fernández & Quiroga, 2008). De estas precipitaciones solamente un 32% en SD y 18% en SC lograron ser transferidas del período de barbecho al ciclo de los cultivos.

La conservación del agua durante el barbecho resulta dependiente del tipo de suelo, sistema de labranza, probabilidad de precipitaciones y capacidad de retención de agua por el suelo (Lampurlanes *et al.*, 2002). Considerando que el peso relativo de cada factor normalmente varía entre sitios, es frecuente observar resultados contrastantes entre experiencias llevadas a cabo en distintos lugares, los cuáles dan lugar a controversias sobre el valor del barbecho como práctica eficiente para conservar el agua en regiones semiáridas. De esta manera, Tanaka & Aase (1987), Black & Bauer (1988) Steiner (1988), Orphanos & Metochis (1994) y Huang *et al.* (2003) destacaron como desventaja la baja eficiencia en el almacenamiento del agua y el riesgo de erosión del suelo.

Distintos niveles de residuos afectan significativamente el contenido de agua en el suelo, además de reducirse las pérdidas por erosión y planchado de los suelos, dando lugar a una alta eficiencia en el almacenaje de agua durante el barbecho (Quiroga *et al.*, 1996).

En Nebraska sobre un suelo franco arcillo limoso (Wilhelm *et al.*, 1986) se comprobó una relación altamente significativa entre residuos y agua almacenada en el suelo ( $R^2 = 0,84$ ).

Además, los residuos sobre la superficie del suelo afectan la dinámica de N. Según Creus *et al.* (1998), la adición de 9.000 kg MS ha<sup>-1</sup> de rastrojo causó un rápido incremento en el contenido de N de la biomasa microbiana, lo que indicó que tuvo lugar un proceso de inmovilización de N. Franzluebbbers *et al.* (1995), Sánchez *et al.* (1998) y Fernández (2007) también hallaron menores contenidos de nitratos en suelos con altos niveles de residuos de maíz, indicando la asimilación del N por la biomasa microbiana durante la descomposición del residuo (Parr & Papendick, 1978; Ritz & Griffiths, 1987; Azam *et al.*, 1988; Recous *et al.*, 1990).

En condiciones de campo y durante el período de barbecho las malezas constituyen otro factor que incide sobre la conservación del agua y que podría ser afectado por los niveles de residuos. La competencia de las malezas por agua y nutrientes es una de las principales limitantes que condicionan el éxito de los cultivos en regiones semiáridas. Su presencia ocasiona disminuciones en los ren-

dimientos, incidiendo además sobre la persistencia de los cultivos perennes. Según estimaciones, la ausencia de control de las malezas implicaría una reducción de la producción mundial en 27,7% (Oerke *et al.*, 1994).

Por lo antes expuesto se podría inferir que en la Región Semiárida Pampeana la práctica de barbechos con altos niveles de residuos influiría positivamente en la cantidad de agua almacenada, y negativamente en los contenidos de N y S disponible. Además el barbecho con presencia de malezas ocasionará menores contenidos de agua, N y S disponible. El objetivo del presente trabajo, por consiguiente, fue evaluar el efecto de los residuos sobre la eficiencia de almacenamiento de agua, dinámica de nitrógeno y azufre disponible, durante el barbecho con y sin presencia de malezas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Las experiencias fueron realizadas durante el año 2004 sobre Haplustoles pertenecientes a las regiones de la planicie con tosca y la planicie medanosa de las provincias de La Pampa, oeste de Buenos Aires y sur de Córdoba. Estas dos regiones se diferencian principalmente por el régimen pluviométrico, (variando entre 650 y 800 mm, respectivamente), la textura, la profundidad del perfil y los contenidos de materia orgánica. En esta zona se seleccionaron diez sitios en siembra directa (Tabla 1), con rastrojo de maíz (*Zea mays*) como cultivo antecesor y destinado al cultivo de girasol (*Helianthus annuus*). En general los barbechos se iniciaron en julio con la aplicación del herbicida (3 L ha<sup>-1</sup> de Glifosato) y finalizaron entre mediados de octubre y principios de noviembre con la siembra del cultivo de girasol. La totalidad de los sitios tuvieron aproximadamente tres meses de duración de barbecho.

En cada sitio se establecieron tres niveles de residuos de maíz, alto (A: 10.000 kg MS ha<sup>-1</sup>), medio (M: 5.000 kg MS ha<sup>-1</sup>) y bajo (B: menor a 2.000 kg MS ha<sup>-1</sup>). Estos niveles se lograron pesando los residuos a fin de obtener en el tratamiento A: 1.000 g MS m<sup>-2</sup>, M: 500 g MS m<sup>-2</sup> y B: menos de 200 g MS m<sup>-2</sup>. Estos niveles de residuos se corresponden con distintas alternativas de uso del cultivo de maíz en los sistemas mixtos de producción de la Región Semiárida Pampeana, sometidos a los tres manejos más frecuentes:

- A: maíz para cosecha de grano sin pastoreo de los rastrojos.
- M: maíz para cosecha de grano con pastoreo racional de los rastrojos.
- B: este nivel de residuos puede alcanzarse a partir de tres manejos que también son característicos en la región, 1: cosecha de grano con alto uso de residuos por la ganadería, 2: corte mecánico de la planta entera en grano pastoso cuando el cultivo es destinado a la confección de silo, y 3: pastoreo en grano lechoso cuando el cultivo es utilizado como verdeo de verano.

Tabla 1. Propiedades de suelo y precipitaciones de los diez sitios experimentales. MO: materia orgánica, PI T: planicie con tosca, PI M: planicie medanosa.

Table 1. Soil properties and rainfall at the experimental sites.

Sitio	Región	Precipitaciones durante barbecho (mm)		Arcilla	Limo (g kg <sup>-1</sup> )	Arena	MO (g kg <sup>-1</sup> )
		Históricas	2004				
1	PI T	150	256	130	350	520	27
2	PI T	150	227	90	260	650	12
3	PI M	185	297	70	210	720	13
4	PI M	185	297	100	330	570	25
5	PI M	140	151	40	130	830	8
6	PI T	140	160	120	270	610	17
7	PI T	140	151	140	400	460	21
8	PI M	236	283	70	160	770	9
9	PI T	150	140	100	320	580	20
10	PI T	150	140	120	350	530	27

En cada tratamiento de residuos se dividieron las parcelas en dos subtratamientos de manejo de malezas: tratamiento con malezas (malezas) y sin malezas (barbecho). Este último fue realizado con una aplicación de Glifosato a razón de 3 L ha<sup>-1</sup>.

Los tratamientos fueron dispuestos en bloques al azar con parcelas divididas para los subtratamientos, con cuatro repeticiones. Se utilizaron parcelas de 200 m<sup>2</sup> (10 x 20 m).

#### Determinaciones

En muestras de suelo de 0,2 m de profundidad se determinaron los contenidos de: fracciones granulométricas (hidrómetro de Bouyoucus, 1962), densidad aparente (método de los cilindros), punto de marchitez permanente (membrana de presión de Richards), materia orgánica total (Walkley & Black, 1934).

Al inicio y al final del barbecho en 0 - 0,2 m de profundidad se midió el contenido de agua en el suelo (método gravimétrico), nitratos mediante el método del ácido cromotrópico (West & Ramachandran, 1962), azufre de sulfatos solubles y adsorbidos (Tabatabai, 1982).

Además durante el período de barbecho se midieron las precipitaciones con pluviómetro oficializado por el Servicio Meteorológico Nacional, tipo B, ubicado (de acuerdo a normas internacionales) a 1,5 m de altura.

Los datos de las precipitaciones históricas (desde el año 1921 hasta el año 2003) durante el período de barbecho fueron obtenidos de las estadísticas meteorológicas de la Estación Experimental de INTA Anguil.

Los resultados se analizaron estadísticamente mediante ANOVA y las diferencias entre medias a través del test de Tukey, utilizando el software SAS (SAS Institute, 1999).

## RESULTADOS

### Contenidos de Agua

La Figura 1 muestra los contenidos de humedad en los primeros 0,20 m del perfil de los tratamientos de barbecho limpio. En todos los sitios el nivel A tuvo los mayores contenidos de agua con diferencias significativas ( $p < 0,1$ ) en los sitios 2, 3, 4, 7, 8 y 10. En cambio, en los tratamientos con malezas (Fig. 2) no se observó un efecto tan marcado del nivel de residuos. Solamente en el S 7 se constataron diferencias significativas ( $p < 0,1$ ) entre niveles de residuos. Los promedios de todos los sitios fueron de 18,5, 20,6 y 25,6 mm para B, M, A nivel de residuos respectivamente, para el tratamiento barbecho, con diferencias significativas ( $p < 0,1$ ) entre los tres valores. En los tratamientos con malezas el contenido de agua promedio fue de 12,5, 13,1, y 15 mm para los niveles de residuos B, M, A, respectivamente, con diferencias significativas ( $p < 0,1$ ).

Cuando se comparan los valores de humedad de barbecho (Fig. 1) con los de malezas (Fig. 2), se observó que para un mismo nivel de residuos, los contenidos de agua fueron menores en los tratamientos con presencia de malezas. Por ejemplo, en el nivel B en barbecho el promedio de todos los sitios fue 19 mm, mientras que en malezas sólo 13 mm, en M 21 y 13 mm para barbecho y malezas respectivamente y en A 26 y 15 mm en barbecho y malezas respectivamente, en todos los casos con diferencias altamente significativas.

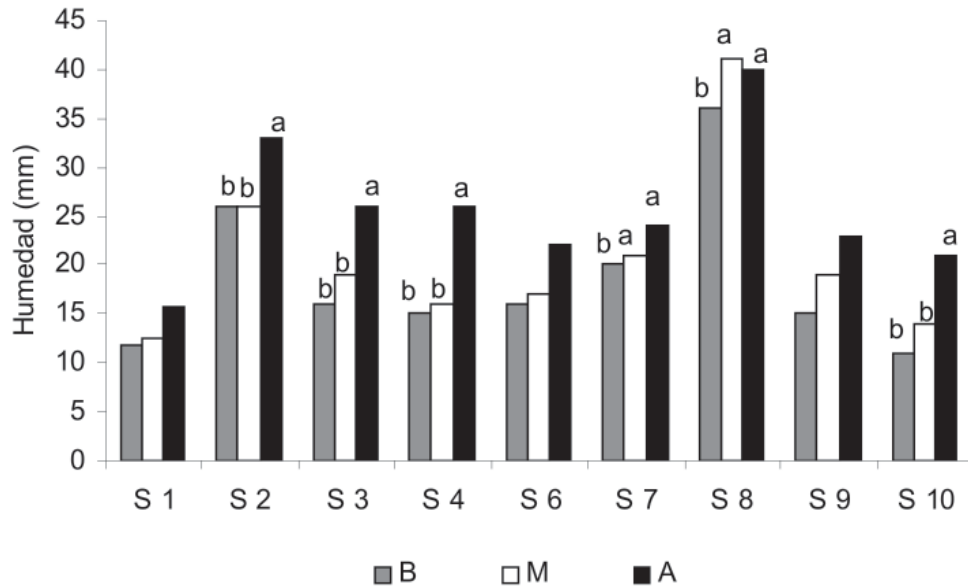


Figura 1. Humedad del suelo en 0-0,20 m de profundidad, en el tratamiento barbecho, en 9 sitios en estudio en B: bajo, M: medio y A: alto nivel de residuos.

Figure 1. Soil moisture contents at 0.2 m depth in barbecho treatment at 9 sites in B: low, M: medium, and A: high residue levels.

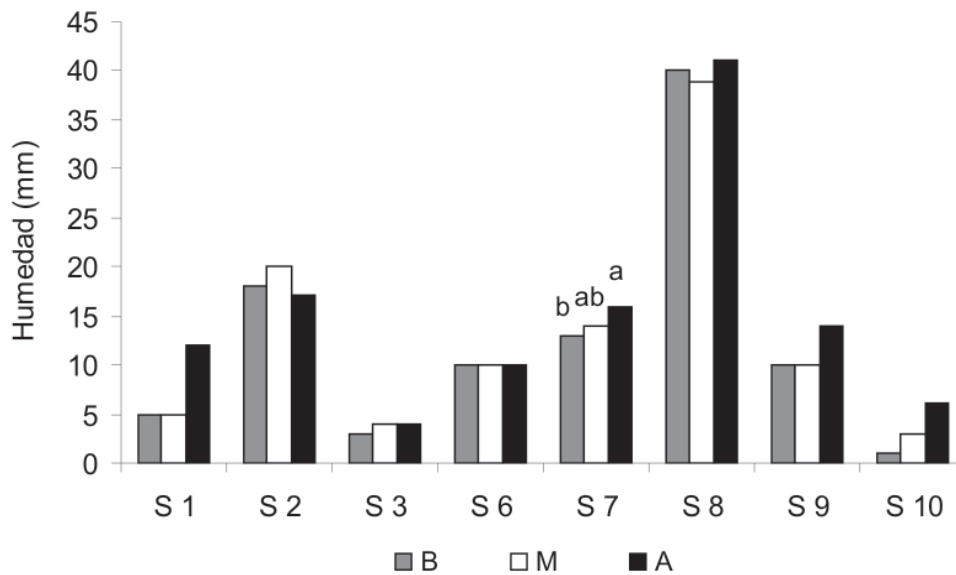


Figura 2. Humedad del suelo en 0-0,20 m de profundidad, en el tratamiento malezas, en 8 sitios en estudio en B: bajo, M: medio y A: alto nivel de residuos.

Figure 2. Soil moisture contents at 0.2 m depth in malezas treatment at 8 sites in B: low, M: medium, and A: high residue levels.

### Contenido de Nitrógeno

Los contenidos de N disponible en el tratamiento barbecho no mostraron una tendencia clara con respecto al nivel de residuos (Fig. 3). Al finalizar el barbecho el nivel B de residuos fue el que presentó los mayores contenidos de N en los sitios 1, 4, 7, 9 y 10, mientras que el nivel A de residuos presentó los mayores contenidos en los sitios 2, 5, y 8 y el nivel M en los sitios 3 y 6. En general, los datos mostraron una alta dispersión por lo cual en casi todos los sitios las diferencias entre niveles de residuos no fueron significativas. Solamente en el sitio 5 el nivel A fue significativamente superior a los niveles B y M, en cambio en los sitios 9 y 10 el nivel B fue significativamente mayor que M y A.

No se observaron diferencias en los contenidos de N disponible en los sitios 2, 3, 4, 7 y 8. Los sitios 1, 6, 9 y 10 presentaron valores ligeramente superiores.

Los contenidos de N en el tratamiento con malezas (Fig. 4) tampoco siguieron un patrón de comportamiento similar entre el nivel de residuos en los diferentes sitios. Al finalizar el barbecho el B nivel de residuos fue el que presentó los mayores contenidos de N en los sitios 6, 7 y

10, el nivel M de residuos presentó los mayores contenidos en los sitios 2, 3, y 8, y el A en los sitios 1, 5 y 9.

Al igual que en los tratamientos barbecho, los datos demostraron una alta dispersión y solamente en los sitios 2 y 3 el nivel M de residuos presentó diferencias significativas con respecto a los niveles B y A.

En general, no se observaron diferencias en los contenidos de N disponibles entre los sitios en estudio.

Comparando las Figuras 3 y 4 se observa que los contenidos de N disponible fueron menores en el tratamiento malezas en los tres niveles de residuos.

En la Tabla 2 se presentan los contenidos iniciales y finales de N disponible, en el barbecho y con malezas. En el tratamiento con barbecho solamente los sitios 5, 9 y 10 presentaron diferencias significativas ( $p < 0,1$ ) entre los niveles de residuos, pero el promedio de todos los sitios fue muy similar entre los tres niveles (26, 24 y 25 kg ha<sup>-1</sup> de N en niveles B, M y A, respectivamente).

Con presencia de malezas, solamente se registraron diferencias significativas ( $p < 0,1$ ) entre nivel de residuos en los sitios 2 y 3, aunque el promedio de todos los sitios fue muy similar entre nivel de residuos (16, 17 y 15 kg N ha<sup>-1</sup> en niveles B, M y A, respectivamente).

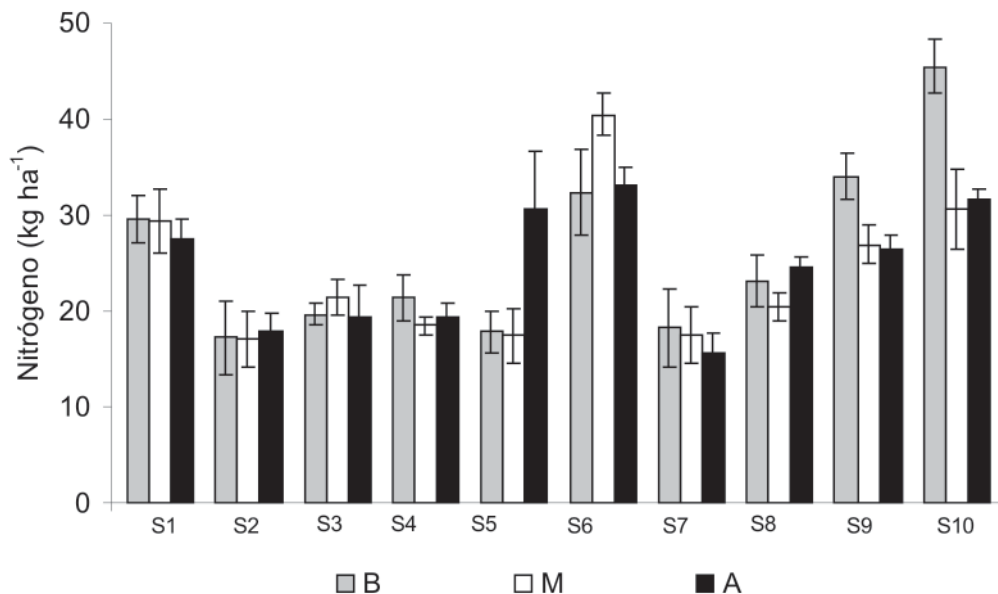


Figura 3. Contenidos de nitrógeno disponible en 0-0,20 m de profundidad, en el tratamiento barbecho al finalizar la experiencia, en los 10 sitios en estudio en B: bajo, M: medio y A: alto nivel de residuos.

Figure 3. Final available N contents at 0.2 m depth at 10 sites in barbecho treatment in B: low, M: medium, and A: high residue levels.

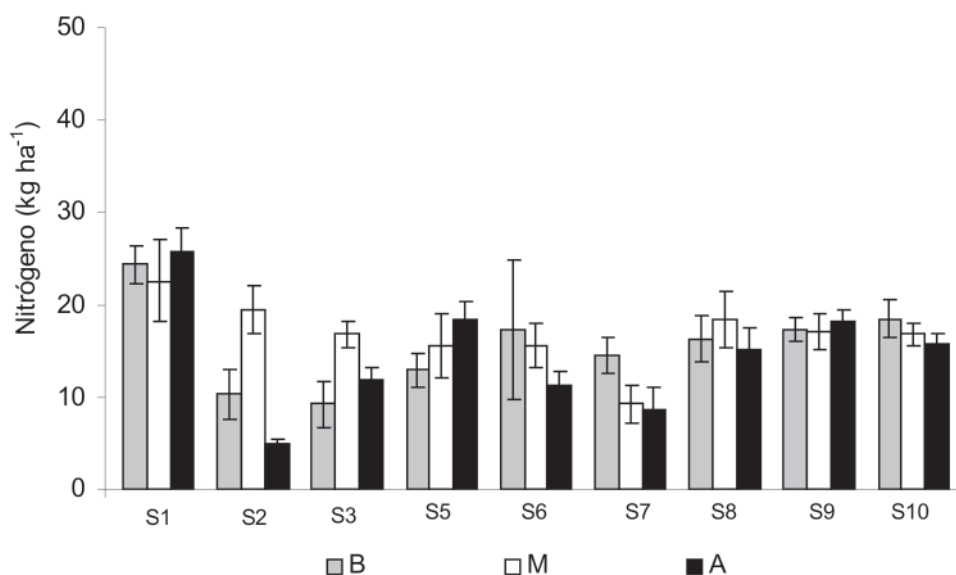


Figura 4. Contenidos de nitrógeno disponible en 0-0,20 m de profundidad, en el tratamiento malezas al finalizar la experiencia, en 9 sitios en B: bajo, M: medio y A: alto nivel de residuos.

Figure 4. Final available N contents at 0.2 m depth at 9 sites in malezas treatment in B: low, M: medium, and A: high residue levels.

Tabla 2. Contenido inicial y final de nitrógeno disponible (kg ha<sup>-1</sup>) en tratamiento barbecho y malezas en B: bajo, M: medio y A: alto nivel de residuos en 0-0,20 m de profundidad.

Table 2. Initial and final available N contents (kg ha<sup>-1</sup>) in barbecho and malezas treatments in B: low, M: medium, and A: high residue levels at 0.2 m depth.

Sitio	Inicial barbecho	Final barbecho			Final malezas		
		B	M	A	B	M	A
1	17	30 <sup>aA</sup>	29 <sup>aA</sup>	27 <sup>aA</sup>	24 <sup>aA</sup>	23 <sup>aB</sup>	26 <sup>aA</sup>
2	15	17 <sup>aA</sup>	17 <sup>aA</sup>	18 <sup>aA</sup>	10 <sup>bA</sup>	19 <sup>aA</sup>	5 <sup>cB</sup>
3	17	20 <sup>aA</sup>	21 <sup>aA</sup>	19 <sup>aA</sup>	9 <sup>bB</sup>	17 <sup>aB</sup>	12 <sup>abB</sup>
4	27	21 <sup>a</sup>	18 <sup>a</sup>	19 <sup>a</sup>	Sd	sd	Sd
5	19	18 <sup>bA</sup>	17 <sup>bA</sup>	31 <sup>aA</sup>	13 <sup>aA</sup>	16 <sup>aA</sup>	18 <sup>aB</sup>
6	18	32 <sup>aA</sup>	41 <sup>aA</sup>	33 <sup>aA</sup>	17 <sup>aA</sup>	16 <sup>aB</sup>	11 <sup>aB</sup>
7	11	18 <sup>aA</sup>	18 <sup>aA</sup>	16 <sup>aA</sup>	14 <sup>aA</sup>	9 <sup>aB</sup>	9 <sup>aB</sup>
8	11	23 <sup>aA</sup>	20 <sup>aA</sup>	24 <sup>aA</sup>	16 <sup>aB</sup>	18 <sup>aA</sup>	15 <sup>aB</sup>
9	26	34 <sup>aA</sup>	27 <sup>bA</sup>	26 <sup>bA</sup>	17 <sup>aB</sup>	17 <sup>aB</sup>	16 <sup>aB</sup>
10	21	45 <sup>aA</sup>	31 <sup>bA</sup>	32 <sup>bA</sup>	18 <sup>aB</sup>	17 <sup>aB</sup>	16 <sup>aB</sup>
Promedio	18	26 <sup>aA</sup>	24 <sup>aA</sup>	25 <sup>aA</sup>	16 <sup>aB</sup>	17 <sup>aB</sup>	15 <sup>aB</sup>

Letras en minúscula indican diferencias significativas ( $p < 0.10$ ) entre los niveles de residuos (B, M, A) en final barbecho y final malezas, letras en mayúscula indican diferencias significativas al mismo nivel de residuos comparando entre final barbecho y final malezas.

Los promedios de los contenidos de N disponible entre barbecho y malezas (Tabla 2), fueron 26 y 16 kg N ha<sup>-1</sup> para el nivel B, 24 y 17 kg N ha<sup>-1</sup> para el nivel M y 25 y

15 kg N ha<sup>-1</sup> para A nivel de residuos, respectivamente. Los promedios mostraron diferencias significativas entre barbecho y malezas al mismo nivel de residuos, sien-

do los valores de barbecho mayores ( $10 \text{ kg N ha}^{-1}$  en promedio).

Los contenidos iniciales de N disponible en los diferentes sitios presentaron valores entre  $11$  y  $27 \text{ kg N ha}^{-1}$ , con un promedio de  $18 \text{ kg N ha}^{-1}$ . En la mayoría de los sitios en barbecho los contenidos finales de N fueron mayores que los contenidos iniciales. Mientras que en malezas en casi todos los sitios los contenidos de N fueron menores que los contenidos iniciales. Esta misma tendencia también se reflejó en los promedios: en barbecho los niveles de residuos B, M y A superaron los contenidos de N disponibles en  $8$ ,  $6$  y  $7 \text{ kg ha}^{-1}$  respectivamente, mientras que en el tratamiento con malezas se registraron  $2$ ,  $1$  y  $3 \text{ kg ha}^{-1}$  respectivamente menos que el contenido inicial.

### Contenido de $\text{S-SO}_4^{2-}$

Los contenidos iniciales de  $\text{S-SO}_4^{2-}$  variaron entre sitios desde  $13$  a  $26 \text{ kg ha}^{-1}$  con un promedio de  $19 \text{ kg S ha}^{-1}$  en los primeros  $20 \text{ cm}$  del perfil.

La Tabla 3 resume los contenidos de S iniciales y finales en los 10 sitios estudiados. En barbecho solamente se registraron diferencias significativas entre nivel de residuos en los sitios 4, 8 y 9. Sin embargo, en los valores promedios estas diferencias no se hallaron ( $25$ ,  $25$  y  $27 \text{ kg S ha}^{-1}$  para los niveles B, M y A, respectivamente). En el tratamiento con malezas, solo un sitio presentó diferencias significativas (sitio 2) y no se hallaron diferencias

significativas en los valores promedios ( $22$ ,  $22$  y  $21 \text{ kg S ha}^{-1}$  para los niveles B, M y A, respectivamente).

Cuando se compararon los contenidos a un mismo nivel de residuos solamente se encontró diferencia significativa en el nivel de residuos A entre barbecho y malezas.

Todos los sitios en barbecho tuvieron contenidos finales de S más altos que los contenidos iniciales, presentando en promedio incrementos de  $6$ ,  $6$  y  $8 \text{ kg S-SO}_4^{2-} \text{ ha}^{-1}$  en B, M y A nivel de residuos, respectivamente. Lo mismo ocurrió con el tratamiento con malezas, donde los contenidos finales de S fueron más altos que los contenidos iniciales en todos los sitios, presentando en promedio incrementos de  $6$ ,  $6$  y  $5 \text{ kg S ha}^{-1}$  para B, M y A nivel de residuos, respectivamente.

### DISCUSIÓN

Al comienzo del barbecho todos los sitios presentaron altos contenidos de agua útil en los primeros  $20 \text{ cm}$  del perfil (entre  $51$  y  $100\%$  de agua útil). A pesar de ello, nuestros resultados mostraron que al finalizar el barbecho el nivel de residuos tuvo un efecto positivo en los contenidos de agua. Estos resultados concuerdan con Baumhard & Jones (2002), Quiroga *et al.* (2005) y Bono *et al.* (2006) quienes encontraron una relación positiva entre el nivel de residuos y agua almacenada.

Tabla 3. Contenido inicial y final de azufre disponible ( $\text{S-SO}_4^{2-}$ ,  $\text{kg ha}^{-1}$ ) en tratamiento barbecho y malezas en B: bajo, M: medio y A: alto nivel de residuos en  $0-0,20 \text{ m}$  de profundidad.

Table 3. Initial and final contents of available S ( $\text{S-SO}_4^{2-}$ ,  $\text{kg ha}^{-1}$ ) in barbecho and malezas treatments in B: low, M: medium, and A: high residue levels at  $0.2 \text{ m}$  depth.

Sitio	Inicial barbecho	Final barbecho			Final malezas		
		B	M	A	B	M	A
1	19	26 <sup>aA</sup>	26 <sup>aA</sup>	24 <sup>aA</sup>	25 <sup>aA</sup>	26 <sup>aA</sup>	25 <sup>aA</sup>
2	19	22 <sup>aA</sup>	20 <sup>aA</sup>	23 <sup>aA</sup>	27 <sup>aA</sup>	22 <sup>bA</sup>	22 <sup>bA</sup>
3	17	23 <sup>aA</sup>	30 <sup>aA</sup>	27 <sup>aA</sup>	30 <sup>aA</sup>	28 <sup>aA</sup>	26 <sup>aA</sup>
4	15	26 <sup>b</sup>	23 <sup>c</sup>	30 <sup>a</sup>	0	0	0
5	18	25 <sup>aA</sup>	19 <sup>aA</sup>	22 <sup>aA</sup>	18 <sup>aA</sup>	22 <sup>aA</sup>	24 <sup>aA</sup>
6	24	21 <sup>aA</sup>	24 <sup>aA</sup>	24 <sup>aA</sup>	22 <sup>aA</sup>	24 <sup>aA</sup>	20 <sup>aA</sup>
7	26	31 <sup>aA</sup>	32 <sup>aA</sup>	32 <sup>aA</sup>	29 <sup>aA</sup>	29 <sup>aA</sup>	27 <sup>aA</sup>
8	13	19 <sup>cA</sup>	21 <sup>bA</sup>	24 <sup>aA</sup>	19 <sup>aA</sup>	23 <sup>aA</sup>	20 <sup>aA</sup>
9	21	33 <sup>aA</sup>	28 <sup>ab A</sup>	31 <sup>bA</sup>	30 <sup>aA</sup>	27 <sup>aA</sup>	29 <sup>aA</sup>
10	21	28 <sup>aA</sup>	25 <sup>aA</sup>	28 <sup>aA</sup>	22 <sup>aA</sup>	21 <sup>aB</sup>	22 <sup>aB</sup>
Promedio	19	25 <sup>aA</sup>	25 <sup>aA</sup>	27 <sup>aA</sup>	25 <sup>aA</sup>	25 <sup>aA</sup>	24 <sup>aB</sup>

Letras en minúscula indican diferencias significativas ( $p < 0,10$ ) entre los niveles de residuos (B, M, A) en final barbecho y final malezas, letras en mayúscula indican diferencias significativas al mismo nivel de residuos comparando entre final barbecho y final malezas.



En el nivel A de residuos de los sitios 2, 3, 4, 6, 7, 8 y 10 los contenidos finales de agua útil superaron el 100%, mientras que en los sitios 1 y 9 los valores se ubicaron próximos al 75% de agua útil. En B y M nivel de residuos los contenidos de agua útil también fueron altos, presentando los sitios 2 y 7 mayor al 100%, mientras que el resto de los sitios contenían entre el 50 y el 86 % de agua útil. Es importante destacar que durante el transcurso del ensayo las precipitaciones registradas fueron superiores a su promedio histórico en todos los sitios excepto en el 9 y 10 donde se registraron 10 mm menos. En tal sentido, era esperable encontrar mayores diferencias entre niveles de residuos si las precipitaciones durante el barbecho hubieran sido menores, ya que Power *et al.* (1986) destacaron que el efecto de los residuos de cultivos sobre el almacenamiento del agua se acentúa en años secos.

Los contenidos de agua en el tratamiento con malezas variaron ampliamente entre sitios, en B entre 4% (sitio 10) y más del 100% (sitio 8), en M entre 13% (sitio 10) y más del 100% (sitio 8) y en A entre 17% (sitio 3) y más del 100% (sitio 8) de agua útil. En aquellos sitios y niveles de residuos donde el contenido de agua fue bajo, se cuantificó una presencia importante de malezas (Fernández *et al.*, 2008), mientras que en el sitio 8 se registró una precipitación de 40 mm el día anterior al muestreo final, debido a ello los contenidos de agua superaron al 100% en B, M y A nivel de residuos.

El nivel de residuos tuvo un efecto positivo en el almacenaje del agua cuando se realizó el barbecho con control de las malezas, la diferencia entre los niveles A y B fue de 33% de agua útil, si bien esta diferencia fue importante, en la práctica podría resultar de escaso efecto ya que todos los niveles de residuos presentaron contenidos de agua útil superior al 75%.

Con presencia de las malezas, no se pudo comprobar una ventaja por parte de los residuos en los primeros 0,20 m de profundidad, la diferencia registrada entre los niveles A y B fue de 10%.

Al mismo nivel de residuos la presencia de malezas influyó negativamente el almacenamiento del agua, la diferencia entre barbecho y malezas en nivel B de residuos fue de 28%, en nivel M de 34% y en nivel A de 50%.

En las condiciones del estudio, con precipitaciones superiores a su promedio histórico en la mayoría de los sitios, el factor más importante que influyó en los contenidos de agua fue la presencia de malezas.

Los contenidos de N disponible en los primeros 0,20 m de profundidad no fueron influenciados por los distintos niveles de residuos, en la condiciones de estudio. Al igual que lo ocurrido con el agua útil, el factor que más influyó en los contenidos de N disponible fue la presen-

cia de malezas. Los menores contenidos de N disponible en el tratamiento con malezas podrían explicarse por el consumo por parte de las malezas y menor tasa de mineralización debido a la menor disponibilidad de agua.

Las diferencias registradas entre barbecho y malezas en los niveles B, M y A fueron de 10, 7 y 10 kg N ha<sup>-1</sup>, respectivamente. A los fines prácticos, a la siembra del cultivo esta disminución en el contenidos de N disponible equivaldría entre 170 y 243 kg ha<sup>-1</sup> menos de girasol (de acuerdo a la relación entre N disponible y rendimiento publicado por Blamey *et al.*, 1987).

Al igual que lo sucedido con el N disponible, los contenidos de S no se encontraron relacionados al nivel de residuos. Mientras que a diferencia de lo ocurrido con el N disponible, la presencia de malezas no influyó de manera importante en los contenidos de S al finalizar la experiencia. Además entre barbecho y malezas y considerando el mismo nivel de residuos, no se encontraron diferencias en los niveles B y M, mientras que en el nivel A de residuos las diferencias fueron de 3 kg S ha<sup>-1</sup>. En general se podría inferir que el consumo de S por parte de las malezas es menor que el de N.

A los fines prácticos a la siembra del cultivo de girasol esta disminución en el contenido de S disponible en el nivel A de residuos equivaldría al 60% del requerimiento de S por parte del cultivo, por lo tanto tendría mayor impacto que en el caso del N (donde la disminución de N debido a las malezas fue entre el 17 y 24% del requerimiento del nutriente por parte del cultivo) y equivaldría a 600 kg ha<sup>-1</sup> menos de girasol (de acuerdo a la relación entre S disponible y rendimiento publicado por Blamey *et al.*, 1987).

Los valores de S disponible hallados en los sitios estudiados fueron bajos, teniendo en cuenta el umbral de 10 ppm (aproximadamente 25 kg S ha<sup>-1</sup>) como límite de deficiencia de este elemento (Fox *et al.*, 1964; Scott & Munro, 1979). Nuestros resultados demostraron que aquellos sitios con menor contenido de materia orgánica (0,9%) tuvieron niveles de S por debajo del citado umbral (21 kg S ha<sup>-1</sup>), mientras que los sitios con mayor contenido (2,6%) superaron el umbral (27,5 kg S ha<sup>-1</sup>).

En los tratamientos con malezas el nivel de residuos no influyó de manera importante en los contenidos de agua útil, como tampoco en los contenidos de N y S disponible. El factor que más influyó en los contenidos de agua útil, N y S disponible fue la presencia de malezas.

Es de destacar que el presente estudio fue realizado con precipitaciones superiores al promedio histórico, lo cual podría haber sido uno de las razones por la cual no se encontraron diferencias de N y S entre los niveles de residuos.



La interacción entre condiciones climáticas, nivel de residuos, características edáficas entre sitios y su efecto sobre la disponibilidad de N y S amerita futuros estudios.

## CONCLUSIONES

Los resultados del presente estudio permiten afirmar que existe una relación positiva entre el nivel de residuos en la superficie del suelo y la eficiencia de almacenamiento de agua durante el barbecho. Por lo cual, y específicamente en regiones semiáridas, el mantenimiento de una cobertura de residuos adecuada sería una herramienta fundamental para incrementar la disponibilidad de agua para los cultivos. Sin embargo, la presencia de malezas en el barbecho causaría importantes pérdidas tanto de agua almacenada como también de N y de S disponible que afectaría el potencial de rendimiento entre 200 a 600 kg ha<sup>-1</sup>. Nuestros resultados demostraron que este efecto negativo de las malezas no pudo ser contrarrestado por altos niveles de residuos durante el barbecho. En orden jerárquico, las pautas para mejorar las condiciones de disponibilidad de agua y nutrientes serían el adecuado control de malezas y cobertura del suelo con altos niveles de residuos.

## BIBLIOGRAFÍA

- Azam, F; T Mahmood & K Malik. 1988. Immobilization remineralization of NO<sub>3</sub><sup>-3</sup> N and total N balance during the decomposition of glucose, sucrose and cellulose in soil incubated at different moisture regimes. *Plant and Soil* 107: 159-163.
- Baumhardt, R & O Jones. 2002. Residue management and tillage effects on soil-water storage and grain yield of dryland wheat and sorghum for a clay loam in Texas. *Soil Till Res.* 68: 71-82.
- Black, A & A Bauer. 1988 Strategies for storing and conserving soil water in the northern Great Plains. In: Unger, PW; Jordan, W & Sneed, TV (eds), Challenges in Dryland Agriculture: A Global Perspective. Pro. Int. Conf. Dryland Agriculture, Amarillo, TX, August 1988. Texas Agric. Exp. Stn., College Station, pp. 137-139.
- Blamey, F; D Edwards & C Asher. 1987. Nutritional disorders of sunflower. Department of Agriculture, University of Queensland. St. Lucia, Queensland, Australia.
- Bono, A; E Sá Pereira; N Romano & J Montoya. 2006. Efecto de la longitud del barbecho, momentos y formas de aplicación de P en girasol. XX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Salta-Jujuy, pp 609.
- Bouyoucos, G. 1962. Hydrometer method improved for making particle size analyses of soils. *Agron. J.* 54: 464-465.
- Creus, C; G Studdert ; H Echeverría & S Sánchez. 1998. Descomposición de residuos de cosecha de maíz y dinámica del nitrógeno en el suelo. *Ciencia del Suelo* 16: 51-57.
- Fernández, R; A Quiroga; E Noellemeyer; D Funaro; J Montoya; B Hitzmann & N Peinemann. 2008. A study of the effect of the interaction between site-specific conditions, residue cover and weed control on water storage during fallow. *Agricultural Water Management* 95: 1028-1040.
- Fernández, R. 2007. Efecto de la cobertura del suelo durante el barbecho para cultivos estivales en la región semiárida pampeana. Tesis Magíster. UNSur. Bahía Blanca, pp. 72.
- Fernández, R & A Quiroga. 2008. Efecto del sistema de labranza en la eficiencia de almacenamiento del agua en la región semiárida pampeana. XXI Congreso Argentino de la ciencia del suelo. Potrero de los Funes, San Luis, pp. 307.
- Fox, R; R Olson & H Rhodes. 1964. Evaluating the sulphur status of soils by plant and soil test. *Proc. Soil Sci. Soc. Am.* 28: 243-246.
- Franzluebbers, A; F Hons & D Zuberer. 1995. Soil organic carbon, microbial biomass and mineralizable carbon and nitrogen in sorghum. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 59: 460-466.
- Huang, M; M Shao; L Zhang & Y Li. 2003. Water efficiency and sustainability of different long-term crop rotation system in the Loess Plateau of China. *Soil Till. Res.* 72: 95-104.
- 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.
- Oerke, E; H Dehne; F Shonbeck & A Weber. 1994. Crop production and crop protection, estimated losses in major food and cash crops. European Crop Protection Association, Elsevier, Belgium, pp. 12.
- Orphanos, P & C Metochis. 1994. The water relations of barley grown continually or after fallow under semi-arid conditions. *Exp. Agric.* 30: 431-443.
- Parr, J & R Papendick. 1978. Factors affecting the decomposition of crop residues by microorganisms. Oschwald, W. Crop residue management systems. Am. Soc. Agron. Special Publication N° 31. Am. Soc. Agron., Crop Sci. Soc. Am., Soil Sci. Soc. Am., Madison, Wisconsin, EUA. pp. 101-129.
- Power, J; W Wilhelm & J Doran. 1986. Crop residue effects on soil environment and dryland maize and soya bean production. *Soil Till. Res.* 8: 101-111.
- Quiroga, A; E Adema; D Buschiazzo & N Peinemann. 1996. Efecto de dos sistemas de labranzas sobre el rendimiento de trigo y sorgo, y propiedades de un Haplustol Entico en la región semiárida pampeana. XV Congreso AACS. pp 213.
- Quiroga, A; D Funaro; R Fernández & E Noellemeyer. 2005. Factores edáficos y de manejo que condicionan la eficiencia del barbecho en la región pampeana. *Revista Ciencia del suelo* 23: 79-86.
- Recous, S; B Mary & G Faurie. 1990. Microbial immobilization of ammonium and nitrate in cultivated soils. *Soil. Biol. Biochem.*, 22: 913-922.
- Ritz, K & B Griffiths. 1987. Effects of carbon and nitrate additions to soil upon leaching of nitrate, microbial, predators and nitrogen uptake by plants. *Plant and Soil* 102: 229-237.

- Sánchez, S; G Studdert & H Echeverría. 1998. Dinámica de la mineralización del nitrógeno de residuos de cosecha en descomposición en un Argiudol típico. *Ciencia del Suelo* 16: 1-6.
- SAS INSTITUTE INC. 1999. SAS online doc. Statistics. Version 8 (TS M0). SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
- Scott, N & J Munro. 1979. The sulphate status of soils from North Scotland. *J. Sci. Agric.* 30: 15-20.
- Steiner, J. 1988. Simulation of evaporation and water use efficiency of fallow-based cropping systems *In: Unger, PW; Jordan, W & Sneed, TV (eds), Challenges. In: Dryland Agriculture: A Global Perspective. Proceedings of the International Conference on Dryland Agriculture, Amarillo, TX, August 1988. Texas Agric. Exp. Stn., College Station, pp. 176-178.*
- Tabatabai, M & J Bremner. 1972. Forms of sulfur, and carbon, nitrogen and sulfur relationships. *In: Iowa soils. Soil Sci.* 114: 380-386.
- Tanaka, D & J Aase. 1987. Fallow method influences on soil water and precipitation storage efficiency. *Soil Till. Res.* 9: 307-316.
- Walkley, A & A Black. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Sci.* 37: 29-37.
- West, P & T Ramachandran. 1962. Spectrophotometric of nitrate using chromotropic acid. *Anal. Chim. Acta* 35: 317-324.
- Wilhelm, W; J Doran & J Power. 1986. Corn and Soy-bean yield response to crop residue management under no-tillage production systems. *Agron. J.* 78: 184-189.