



**IPNI**  
INTERNATIONAL  
PLANT NUTRITION  
INSTITUTE

INSTITUTO INTERNACIONAL  
DE NUTRICIÓN DE PLANTAS

WWW.IPNI.NET

PROGRAMA LATINOAMERICA - CONO SUR



SEPTIEMBRE  
2010

## CONTENIDO

- ☛ EFECTO DE LA FERTILIZACIÓN SOBRE LAS COMUNIDADES MICROBIANAS DEL SUELO
- ☛ ÍNDICE DE VERDOR EN MAÍZ ANTE DEFICIENCIAS DE AZUFRE
- ☛ FERTILIZACIÓN DEL CULTIVO DE SOJA EN EL SUDESTE BONAERENSE
- ☛ CULTIVOS DE COBERTURA EN SECUENCIAS SOJA-SOJA
- ☛ MANEJO DE LOS EFLUENTES ORIGINADOS EN TAMBO
- ☛ FERTILIZACIÓN FOLIAR CON BORO Y NITRÓGENO SOBRE EL CULTIVO DE SOJA
- ☛ LA GLOMALINA Y SU RELACIÓN CON LA PRODUCTIVIDAD DEL CULTIVO DE MAÍZ

## EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA FERTILIZACIÓN SOBRE LAS COMUNIDADES MICROBIANAS EDÁFICAS

E.C. Conforto<sup>(1)</sup>; G. Figoni<sup>(1)</sup>; A. Rovea<sup>(2)</sup>; M. Boxler<sup>(2)</sup>; C. Oddino<sup>(3)</sup>; J. García<sup>(3)</sup>; G. March<sup>(1)</sup>; J. Meriles<sup>(4)</sup> y S. Vargas Gil<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup>INTA-IFFIVE, Camino 60 Cuadras km. 5,5 Córdoba C.P. 5119 - [ecconforto@yahoo.com.ar](mailto:ecconforto@yahoo.com.ar), [gfigoni@hotmail.com](mailto:gfigoni@hotmail.com), [gmarch@iffive.inta.gov.ar](mailto:gmarch@iffive.inta.gov.ar), [svargasgil@iffive.inta.gov.ar](mailto:svargasgil@iffive.inta.gov.ar) <sup>(2)</sup>Región CREA Región Sur de Santa Fe - [arovea@cresud.com.ar](mailto:arovea@cresud.com.ar), [miguelboxler@arnet.com.ar](mailto:miguelboxler@arnet.com.ar) <sup>(3)</sup>Cátedra de Fitopatología, Univ. Nacional de Río Cuarto. [oddino@ayv.unrc.edu.ar](mailto:oddino@ayv.unrc.edu.ar), [jglian@hotmail.com](mailto:jglian@hotmail.com)

<sup>(4)</sup>Universidad Nacional de Córdoba, Instituto Multidisciplinario de Biología Vegetal (IMBIV. CONICET) [jmeriles@efn.uncor.edu](mailto:jmeriles@efn.uncor.edu)  
Presentado al XXII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo – AACS – Rosario 31 de Mayo al 4 de Junio de 2010

### Introducción

Para un buen desarrollo vegetal debe haber una reserva adecuada de elementos nutritivos disponibles para la planta, siendo las poblaciones microbianas indispensables mediadores en este proceso. El aumento de la microbiota edáfica incrementa la cantidad de nutrientes asimilables por la planta, evitando así que los cultivos sean atacados por patógenos pero sobre todo mejorando la fertilidad del suelo. Consecuentemente, las poblaciones microbianas pueden ser empleadas como indicadores de calidad del suelo y de la sustentabilidad del sistema (Vargas Gil *et al.*, 2009).

Cuando se agregan fertilizantes al suelo ocurren una serie de complejas reacciones químicas y microbiológicas que no solo influyen el crecimiento y desarrollo de las plantas, sino que también producen cambios a corto y largo plazo en las poblaciones de microorganismos del suelo. Sin embargo, los informes sobre estos cambios son inconsistentes, ya que en algunos casos la biomasa microbiana y su actividad fueron

estimulados (Biederbeck *et al.*, 1984), mientras que en otros casos los efectos fueron contrarios o nulos (Clegg, 2006). El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de la fertilización inorgánica sobre la dinámica de las poblaciones microbianas del suelo y su relación con el rendimiento del cultivo de maíz.



Parcelas de trigo campaña 2009-10 en el ensayo de Teodelina (Santa Fe) de la Red de Nutrición Región CREA Sur de Santa Fe

Director: Dr. Fernando O. García

INSTITUTO INTERNACIONAL DE NUTRICIÓN DE PLANTAS  
PROGRAMA LATINOAMERICA - CONO SUR

Av. Santa Fe 910

(B1641ABO) Acassuso – Argentina

Tel/Fax (54) (011) 4798-9939

E-mail: [fgarcia@ipni.net](mailto:fgarcia@ipni.net)

Sitio Web: [www.ipni.net/lasc](http://www.ipni.net/lasc)



Propietario: International Plant Nutrition  
Institute (IPNI)

ISSN 1666 - 7115

No. de Registro de Propiedad Intelectual: 869378

Se permite copiar, citar o reimprimir los artículos de este boletín siempre  
y cuando no se altere el contenido y se cite la fuente y el autor.

Diseño: [www.agroeditorial.com.ar](http://www.agroeditorial.com.ar) - [amatthiess@amatthiess.com.ar](mailto:amatthiess@amatthiess.com.ar)

Impresión: Grancharoff Impresores

## Contenido:

Evaluación del efecto de la fertilización sobre las comunidades microbianas edáficas	1
¿Es posible caracterizar el estatus nitrogenado en maíz con el medidor de clorofila si hay una deficiencia de azufre?	4
Fertilización del cultivo de soja en el sudeste bonaerense. Resultado de ensayos en la campaña 2009/10	10
Evaluación de distintas especies de cultivos de cobertura en secuencias soja-soja en el área sur de la provincia de Santa Fe	13
Manejo de los efluentes originados en tambo: Una experiencia en el este de La Pampa	16
Efecto de la fertilización foliar con boro y nitrógeno sobre el cultivo de soja	19
La glomalina y su relación con la productividad del cultivo de maíz	23

## Materiales y Métodos

Con la finalidad de analizar el efecto de la fertilización química sobre los parámetros biológicos de suelo, se tomaron muestras de suelo de un ensayo de largo plazo que forma parte de la Red de Nutrición de la Región CREA de la Región Sur de Santa Fe (CREA-IPNI-ASP), ubicado en la localidad de Teodelina, provincia de Santa Fe. En ese ensayo se aplican N, P, S, K y micronutrientes, desde 2000 en una rotación maíz-trigo/soja, en las siguientes combinaciones: PS, NS, NP, NPS, NPSK+Micronutrientes (Tabla 1), y se mantiene un tratamiento Testigo (sin adición de fertilizante), con 3 repeticiones siguiendo un diseño en bloques completos al azar.

Hacia el final del ciclo del cultivo de maíz de la campaña 2008/09 se tomaron muestras de suelo pro-

Tabla 1. Dosis de fertilizantes agregados en los tratamientos de fertilización en maíz en la campaña 2008-09. Teodelina (Santa Fe), Red de Nutrición CREA Sur de Santa Fe (CREA-IPNI-ASP).

Tratamiento	Testigo	PS	NS	NP	NPS	NPSK-Micro
----- kg ha <sup>-1</sup> -----						
N	-	18	160	160	160	160
P	-	35	-	35	35	35
S	-	17	17	-	17	17
K	-	-	-	-	-	14
Mg	-	-	-	-	-	8
B	-	-	-	-	-	1
Zn	-	-	-	-	-	2
Cu	-	-	-	-	-	2

venientes de los 5 primeros cm. De cada parcela se tomaron 6 muestras de suelo compuestas, siguiendo un diseño en V. Los muestreos se efectuaron 15-20 días antes de la cosecha del cultivo. Las muestras fueron colocadas a 4°C hasta su posterior empleo en el laboratorio. Las cuantificaciones de microorganismos cultivables (hongos totales, Actinomicetes, *Trichoderma* spp. y *Gliocladium* spp., estos últimos son hongos conocidos como agentes de control biológico) se realizaron utilizando los medios de cultivo propuestos por Vargas Gil *et al.* (2009). Las evaluaciones de biomasa y respiración microbiana se determinaron mediante consumo de CO<sub>2</sub> (Jenkinson & Powlson, 1976; Alef, 1995), mientras que la hidrólisis de diacetato de fluoresceína (FDA), mediante espectrofotometría Vis (Adam & Duncan, 2001).

## Resultados y Discusión

Los resultados muestran que la abundancia de poblaciones de hongos y bacterias se vio incrementada en los tratamientos en los que se fertilizó con P. Los mayores valores de hongos y bacterias totales se registraron en el tratamiento NPS, siendo 35.86 x 10<sup>2</sup> y 6.19 x 10<sup>4</sup> UFC/g suelo, respectivamente; mientras que los menores valores se registraron en el tratamiento Testigo, con un valor de 19.86 x 10<sup>2</sup> UFC/g suelo para hongos, y 4.44 x 10<sup>4</sup> UFC/g suelo para bacterias (Figura 1).

Además también se cuantificó el efecto de la fertilización inorgánica sobre la actividad microbiana mediante hidrólisis de FDA. Los resultados muestran un marcado efecto positivo de la fertilización fosforada sobre la actividad proteasa, lipasa y esterasa

en el suelo, siendo en promedio 10% superior en comparación con los tratamientos NS y Testigo. Finalmente, el rendimiento del cultivo de maíz tuvo una correlación significativa y positiva con la abundancia de hongos y bacterias y la actividad microbiana como puede verse en la Tabla 2.

De acuerdo con los resultados obtenidos, es claro el efecto positivo de la fertilización del cultivo de maíz, sobre todo a base de P. La aplicación de fertilizantes inorgánicos incrementa la fertilidad del suelo y aumenta la producción de los cultivos, especialmente si son a base de N y P (Vargas Gil *et al.*, 2009). Según Buyanovsky y Wagner (1987), los fertilizantes interactúan con las comunidades microbianas de varias maneras, promoviendo su crecimiento a través de la oferta de nutrientes, o indirectamente, estimulando el crecimiento de las plantas e incrementando el flujo de C a las raíces, lo que aumenta la rizodeposición. O'Donnell *et al.* (2001) afirman que los fertilizantes impactan sobre el tamaño de las comunidades microbianas, pero también señalan que hay pocos estudios acerca de las modificaciones en la estructura de dichas comunidades. Por su parte, Biederbeck *et al.* (1984) encontraron un claro incremento en la microflora edáfica, y Belay (2001) un notable aumento en las poblaciones de bacterias y hongos en el suelo como resultado de la aplicación de fertilizantes NP, observando que cuando estos nutrientes fueron agregados individualmente, los efectos no fueron tan evidentes, tal como se observa en este trabajo. Asimismo, Grayston *et al.* (2001) afirman que el agregado de fertilizantes nitrogenados al suelo incrementó el número de UFC de hongos.

Tabla 2. Análisis de correlación entre el rendimiento del cultivo de maíz y las comunidades microbianas edáficas en respuesta a la fertilización inorgánica.

Comunidad/Actividad	Coeficientes de correlación de Pearson	
	Rendimiento de maíz (kg ha <sup>-1</sup> )	
Hongos totales	0.42*	
Bacterias totales	0.29*	
Actividad microbiana (hidrólisis de FDA)	0.31*	

\* Significativo con  $P < 0.05$

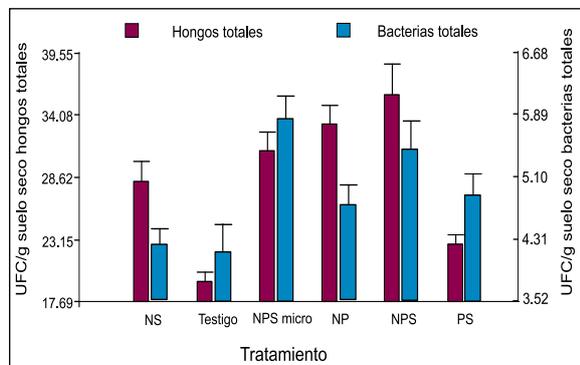


Figura 1. Efecto de la fertilización inorgánica (P, N, S y micronutrientes, en diferentes combinaciones) sobre poblaciones de hongos y bacterias totales del suelo. UFC: unidades formadoras de colonia, expresado x 10<sup>4</sup> para bacterias y x 10<sup>2</sup> para hongos.

## Conclusión

La fertilización inorgánica favorece el desarrollo de las plantas de maíz, sobre todo debido a la presencia de P, lo que promueve el incremento de la abundancia y actividades de las poblaciones microbianas en el suelo.

Financiamiento: Convenio de Vinculación Tecnológica INTA-CREA Sur de Santa Fe.

## Bibliografía

Adam G. & H. Duncan. 2001. Development of a sensitive and rapid method for measurement of total microbial activity using fluorescein diacetate (FDA) in a range of soils. *Soil Biol. Biochem.* 33: 943-951.

Alef K. 1995. Soil respiration. In: *Methods in Applied Soil Microbiology and Biochemistry*. Alef K y Nanninpiere P. (ed.). Academic Press. Harcourt Brace & Company publishers, London U.K. pp 214-219.

Belay A. 2001. Direct and residual effects of organic and inorganic fertilizers on soil chemical properties, microbial components and maize yield under long-term crop rotation. In: PhD Thesis, University of Pretoria. Pretoria, pp. 105.

Biederbeck V.O., C.A. Campbell & R.P. Zenter. 1984. Effect of crop rotation and fertilization on some biological properties of a loam in southwestern Saskatchewan. *Can. J. Soil Sci.* 64: 335-367.

Buyanovsky G.A. & G.H. Wagner. 1987. Carbon transfer in a winter wheat (*Triticum aestivum*) ecosystem. *Biol. Fert. Soil* 5: 76-82.

Clegg G.D. 2006. Impact of cattle grazing and inorganic fertilizer additions to managed grasslands on the microbial community composition of soils. *App Soil Ecol* 31: 73-82.

Grayston S.J., G.S. Griffith, J.L. Mawdsley, C.D. Campbell & R.D. Bardgett. 2001. Accounting for variability in soil microbial communities of temperate upland grassland ecosystems. *Soil Biol. Biochem.* 33: 533-551.

Jenkinson D. & D. Powlson. 1976. The effects of biocidal treatments on metabolism in soil. *Methods for measuring soil biomass.* *Soil Biol. Biochem.* 8: 209-213.

Clegg, C. 2006. Impact of cattle grazing and inorganic fertilizer additions to managed grasslands on the microbial community composition of soils. *App. Soil Ecol.* 31:73-82.

O'Donnell A.G., M. Seasman, A. Macrae, I. Waite & J.T. Davies. 2001. Plants and fertilizers as drivers of change in microbial community structure and functions in soils. *Plant Soil* 232: 135-145.

Vargas Gil S., A. Becker, C. Oddino, M. Zuza, A. Marinelli & G. March. 2009. Soil biological, chemical and physical responses to the impact of tillage intensity, fertilization, and cattle grazing in a long-term field trial. *Environ. Management* 44: 378-376.

Vargas Gil S., S. Pastor & G.J. March. 2009. Quantitative isolation of biocontrol agents *Trichoderma* spp., *Gliocladium* spp. and *Actinomycetes* from soil with culture media. *Micr. Res.* 164: 196-205.

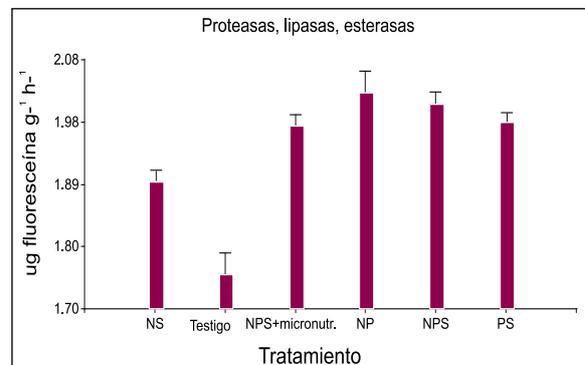


Figura 2. Efecto de la fertilización inorgánica sobre la actividad microbiana medida mediante la hidrólisis de diacetato de fluoresceína (FDA), cuantificada a partir de un ensayo ubicado en la localidad de Teodelina (Santa Fe). Red de Nutrición Región CREA Sur de Santa Fe.

# ¿ES POSIBLE CARACTERIZAR EL ESTATUS NITROGENADO EN MAÍZ CON EL MEDIDOR DE CLOROFILA SI HAY UNA DEFICIENCIA DE AZUFRE?

Agustín Pagani; Hernán E. Echeverría; Fernando H. Andrade y Hernán R. Sainz Rozas

Unidad Integrada INTA-FCA Balcarce  
CC 720 – (7620) Balcarce, Buenos Aires, Argentina  
paganiagustin@hotmail.com

## Introducción

El nitrógeno (N) es un nutriente fundamental en la producción de maíz, ya que es uno de los principales determinantes del rendimiento del cultivo (Uhart y Andrade, 1995). Para este nutriente se han desarrollado numerosos métodos de diagnóstico basados en el análisis de muestras de suelo (Uhart y Echeverría, 2002) y de material vegetal (Sainz Rozas *et al.*, 2001). Si bien con los primeros se pueden realizar adecuados diagnósticos de requerimientos de N, los métodos en material vegetal presentan la ventaja de integrar factores climáticos, edáficos y propios del cultivo (Echeverría y Sainz Rozas, 2005). Estos análisis se basan en la determinación de alguna forma de N dentro de la planta. Una alternativa superadora a tales métodos lo constituye el empleo de instrumentos portátiles que permiten cuantificar la intensidad de color verde de las hojas, disminuyendo el esfuerzo requerido para la toma de la muestra, el procesamiento de la misma y el análisis de laboratorio. La intensidad de color verde de la hoja está relacionada con su contenido de clorofila, el que a su vez se asocia con la concentración de N foliar (Wolfe *et al.*, 1988). El instrumento más difundido es el medidor de clorofila Minolta SPAD 502® que determina un indicador llamado índice de verdor (IV). El empleo de esta herramienta ha sido de utilidad en numerosos cultivos, especialmente en estadíos avanzados de desarrollo (Blackmer y Schepers, 1995; Sainz Rozas y Echeverría, 1998).

En la práctica, es necesario relativizar las lecturas absolutas de este instrumento debido a la diferente coloración de los genotipos de maíz y a las diferentes condiciones ambientales que pueden influir en la coloración del canopeo (Schepers *et al.*, 1992; Jemison y Litle, 1996). Para evitar estas interferencias es necesario establecer un área dentro del lote con N no limitante, como una referencia del máximo valor de IV, a fin de relativizar las lecturas absolutas a través de un índice de suficiencia de nitrógeno (ISN). Por otra parte, en el norte y noreste de la Región Pampeana se han determinado deficiencias de azufre (S) en algunos cultivos (Martínez y Cordone, 1998; Ventimiglia, 2005), hecho que se manifestó en los últimos años en el sudeste Bonaerense para el trigo (Reussi Calvo *et al.*, 2006). Si bien para el maíz no se habían determinado respuestas generalizadas en rendimiento por el agregado de S (Echeverría, 2002),

recientemente Pagani *et al.* (2009) han reportado moderadas respuestas a su agregado. La deficiencia de S provoca un leve amarillamiento de las hojas, lo que probablemente disminuya las lecturas de IV y, por lo tanto, la colimitación de N y S podría derivar en situaciones en las que resulte inviable el empleo del ISN para determinar el estatus nitrogenado del cultivo. De todas maneras, no se han encontrado trabajos que señalen la utilidad de este índice cuando dichos nutrientes se encuentran en niveles limitantes. El objetivo de este trabajo fue evaluar la utilidad del ISN y de un nuevo índice, también basado en la intensidad de color verde de las hojas, para detectar deficiencias de N en el cultivo de maíz ante una deficiencia de S.

## Materiales y métodos

Se realizaron cuatro experimentos en dos localidades de la Región Pampeana Argentina durante las campañas 2005-06, 2006-07 y 2007-08. En la campaña 2005-06 se empleó un experimento de larga duración en la Estación Experimental INTA de Balcarce en adelante denominado Balcarce I (Bce I), mientras que en la campaña 2006-07 se realizaron dos experimentos, uno en el mismo sitio denominado Balcarce II (Bce II) y otro en la localidad de 9 de Julio denominado 9 de Julio I (9dJ I). Durante la campaña 2007-08 se condujo un cuarto experimento en 9 de Julio, en adelante denominado 9 de Julio II (9dJ II). Los experimentos se realizaron en los siguientes suelos: Bce I y Bce II en un Argiudol típico, 9dJ I en un Hapludol típico y 9dJ II en un Hapludol. Algunas características de los suelos de los tres experimentos a la siembra del maíz son presentadas en la Tabla 1. Todos los ensayos fueron fertilizados con 20-30 kg ha<sup>-1</sup> de fósforo (P), asegurando una elevada disponibilidad. La fuente de N, P y S fue urea granulada (46-0-0), superfosfato triple de calcio (0-20-0) y sulfato de calcio (20% S, 16% Ca), respectivamente. En Bce I se empleó un diseño en bloques completos aleatorizados con tres repeticiones. El arreglo fue en parcelas divididas, en donde la parcela principal fueron dos sistemas de labranza, convencional (LC) y directa (SD), y la subparcela cuatro tratamientos de fertilización. Estos últimos fueron: testigo (T), azufre (S), nitrógeno (N) y nitrógeno más azufre (NS); di-

chos nutrientes fueron agregados en cantidades no limitantes (N: 125 kg ha<sup>-1</sup> y S: 15 kg ha<sup>-1</sup>). En Bce II, 9dJ I y 9dJ II, el sistema de labranza utilizado fue SD y se utilizó un diseño en bloques completos aleatorizados (tres repeticiones) con un arreglo factorial de los tratamientos. Los factores utilizados fueron N, con niveles de 0, 50 y 100 kg ha<sup>-1</sup> para Bce II y 0, 60, 120 kg ha<sup>-1</sup> para 9dJ I y 9dJ II; y S, con niveles de 0, 8 y 16 kg ha<sup>-1</sup> para Bce I y 9dJ I y 0, 5, 10 y 20 kg ha<sup>-1</sup> para 9dJ II.

Se realizaron determinaciones de IV (30 lecturas por parcela) con el medidor de clorofila Minolta SPAD 502® en los momentos de: 51, 55, 62, 71 y 76 días después de la emergencia (DDE) en Bce I (V7, V8, V11, V13 y V15, respectivamente); 40, 56, 65, 70, 79 y 91 DDE en Bce II (V5, V8, V12, V13, V16 y R2, respectivamente); 26, 33, 50, 55, 66 y 76 DDE en 9dJ I (V5, V6, V11, V13, V18 y R2, respectivamente); y 37, 43, 56, 63, 73 y 80 DDE en 9dJ II (V6, V7, V11, V14, V18 y R2, respectivamente). Dichas determinaciones se realizaron en la última hoja expandida, aproximadamente a la mitad de la distancia entre el tallo y el ápice y a la mitad de la distancia entre el borde la hoja y la nervadura central (Blackmer y Schepers, 1995). El índice de suficiencia de N (ISN) se construyó de la siguiente manera:

$$ISN = IV_{\text{lot}} / IV_{\text{max}}$$

donde:  $IV_{\text{lot}}$ : IV de los tratamientos con N eventualmente limitante

$IV_{\text{max}}$ : IV de los tratamientos con N no limitante.

Un nuevo índice denominado índice de verdor relativo fue calculado como:

$$IVR = IV_{\text{lot}} / IV_{\text{NS}}$$

donde:  $IV_{\text{lot}}$ : IV de los tratamientos con N eventualmente limitante

$IV_{\text{max}}$ : IV de los tratamientos con NS no limitante.

Se determinó rendimiento en grano expresado a 14% de humedad. Se calculó el rendimiento relativo de nitrógeno (RR N) de la siguiente manera:

$$RR N = Rto_{\text{lot}} / Rto_{\text{max}}$$

donde:  $Rto_{\text{lot}}$ : rendimiento de los tratamientos con N eventualmente limitante

$Rto_{\text{max}}$ : rendimiento de los tratamientos con N no limitante.

Además, se calculó el rendimiento relativo de nitrógeno-azufre (RR NS) como:

$$RR NS = Rto_{\text{lot}} / Rto_{\text{NS}}$$

donde:  $Rto_{\text{lot}}$ : rendimiento de los tratamientos con N eventualmente limitante

$Rto_{\text{max}}$ : rendimiento de los tratamientos con NS no limitante.

El RR N y el ISN, así como el RR NS y el IVR fueron calculados de manera análoga, es decir que los mismos tratamientos fueron utilizados como denominadores de ambos pares de índices.

Se realizaron análisis de varianza y de regresión lineal simple utilizando los procedimientos GLM y REG, respectivamente, incluidos en las rutinas del programa Statistical Analysis System. Cuando las diferencias entre tratamientos fueron significativas, se empleó el

Test de la diferencia mínima significativa (LSD). Para la comparación entre dos medias y entre dos rectas de regresión, se utilizó el Test de comparación de medias (t de Student) y el análisis de coincidencia y paralelismo, respectivamente (SAS Institute, 1996). En todos los análisis realizados se utilizó un nivel de significancia del 5%.

## Resultados y discusión

### Evolución de las precipitaciones

En Bce I y 9dJ I, las precipitaciones registradas durante el ciclo del cultivo de maíz tuvieron una adecuada distribución, totalizando 490 y 594 mm, respectivamente, por lo que la disponibilidad de agua no habría limitado en forma significativa el crecimiento del cultivo. Por su parte, en Bce II y 9dJ II, las precipitaciones totales alcanzaron 522 y 453 mm pero con una inadecuada distribución, ya que éstas no fueron abundantes alrededor de la floración del cultivo, situación que condicionó el rendimiento en ambos experimentos.

### Rendimiento en grano

No se determinó interacción N x S sobre los rendimientos de ninguno de los cuatro ensayos. Estos resultados coinciden con los obtenidos en el norte de la Provincia de Buenos Aires (Ferraris y Couretot, 2006).

En Bce I se registró un efecto significativo del sistema de labranza ( $p < 0.01$ ), siendo mayores los rendimientos bajo LC que bajo SD (Tabla 2), resultados que coinciden con los de Dominguez *et al.* (2001). El efecto del N sobre los rendimientos fue el de mayor importancia ( $p < 0.01$ ), con una respuesta promedio de 1916 kg ha<sup>-1</sup> (Tabla 2), indicando que este nutriente es el que limitó en mayor medida el crecimiento del cultivo. Con respecto al S, si bien la respuesta no fue significativa ( $p < 0.22$ ), se observó un incremento promedio (a través de los sistemas labranza) del rendimiento por el agregado de dicho nutriente de 400 kg ha<sup>-1</sup> (Tabla 2).

En Bce II, las reducidas precipitaciones alrededor del período crítico limitaron el rendimiento. Sin embargo, se registró un efecto significativo de N y S ( $p < 0.01$ ) siendo las respuestas medias de 382 y 682 kg ha<sup>-1</sup> para el agregado de 50 y 100 kg N ha<sup>-1</sup>, respectivamente (Tabla 2) y de 499 y 697 kg ha<sup>-1</sup> para el agregado de 8 y 16 kg S ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Las respuestas de magnitud similar a N y S se explicarían por la relativamente alta disponibilidad edáfica de N y por la baja disponibilidad de S (Tabla 1).

En 9dJ I se determinó un efecto significativo de ambos nutrientes ( $p < 0.01$ ), siendo las respuestas medias de 2545 y 4817 kg ha<sup>-1</sup> para el agregado de 60 y 120 kg N ha<sup>-1</sup>, respectivamente, y de 360 y 624 kg ha<sup>-1</sup> para el agregado de 8 y 16 kg S ha<sup>-1</sup>, respectivamente

(Tabla 2). Estos incrementos de rendimiento debidos a la adición de S coinciden con los reportados por otros autores en la Región Pampeana Norte (Fontanetto *et al.*, 2000). Si bien en este experimento no se determinó efecto de interacción N x S ( $p=0.11$ ), se evidenció una clara tendencia de aumento de rendimiento en la mayor dosis de N por el agregado de S (804 y 1471 kg ha<sup>-1</sup> para las dosis de 8 y 16 kg S ha<sup>-1</sup>, respectivamente), hecho que no ocurrió en los otros dos niveles de N.

En 9dJ II se determinó un efecto significativo de ambos nutrientes ( $p<0.01$ ), con las respuestas medias de 1440 y 3661 kg ha<sup>-1</sup> para el agregado de 60 y

120 kg N ha<sup>-1</sup>, respectivamente, y de 541, 800 y 926 kg ha<sup>-1</sup> para el agregado de 5, 10 y 20 kg S ha<sup>-1</sup>, respectivamente (Tabla 2).

La razón de no haber determinado interacción N x S probablemente se relacione con las moderadas deficiencias de N y S que se presentaron, sobre todo en Bce I y Bce II. Cuando el nivel de las deficiencias se incrementaron, como ocurrió en 9dJ I, se evidenciaron indicios de interacción entre ambos nutrientes ( $p=0.11$ ).

### Índice de verdor

En Bce I se encontró interacción N x labranza ( $p<0.05$ ) en el IV en los últimos dos momentos de determinación. Los tratamientos sin N mostraron mayores IV en LC que en SD (45.7 vs. 43 unidades SPAD; promedio de todas las determinaciones) mientras que los tratamientos con N no expusieron diferencias entre LC y SD (47.7 vs. 47.5 unidades SPAD; promedio de todas las determinaciones) (Figura 1). El IV de los tratamientos con N fue generalmente mayor al de los tratamientos sin este nutriente (IV promedio de 47.6 y 44.4, respectivamente). Estos valores concuerdan con los reportados por Blackmer y Schepers (1995) y Sainz Rozas y Echeverría (1998). No se encontró interacción N x S pero el agregado de S incrementó el IV ( $p<0.05$ ) en los momentos de 71 y 76 DDE (Figura 1).

En Bce II, el agregado de N incrementó el IV ( $p<0.05$ ) en todos los momentos (46.2, 49.0 y 50.5 unidades SPAD para 0, 50, y 100 kg N ha<sup>-1</sup>, respectivamente; promedio de todas las determinaciones). No se encontró interacción N x S en ningún momento. Se determinó efecto de S a los 56 DDE (48.6, 48.4 y 49.4 unidades SPAD para 0, 8, y 16 kg S ha<sup>-1</sup>, respectivamente) (Figura 1).

El N incrementó el IV ( $p<0.05$ ) en todos los momentos de determinación en 9dJ I (43.3, 49.9 y 52.4 unidades SPAD para 0, 60 y 120 kg N ha<sup>-1</sup>, respectivamente; promedio de todas las determinaciones) (Figura 1). No se determinó interacción N x S pero el S incrementó el IV en los momentos de 33 y 76 DDE ( $p<0.05$ ) (Figura 1).

En 9dJ II se determinaron incrementos significativos ( $p<0.05$ ) del IV en todos los momentos debidos a la adición de N (42.1, 45.0 y 47.5 unidades SPAD para 0, 60 y 120 kg N ha<sup>-1</sup>, respectivamente; promedio de todas las determinaciones) y en los últimos tres momentos por a aplicación de S ( $p<0.05$ ). Sólo se determinó interacción significativa N x S ( $p<0.02$ ) en el momento de 63 DDE (Figura 1).

### Relación entre IV y rendimiento

En Bce I se determinaron relaciones lineales y positivas entre el rendimiento y el IV ( $p<0.01$ ) (datos no mostrados). Los coeficientes de determinación de las regresiones fueron 0.47, 0.72, 0.79, 0.51 y 0.82

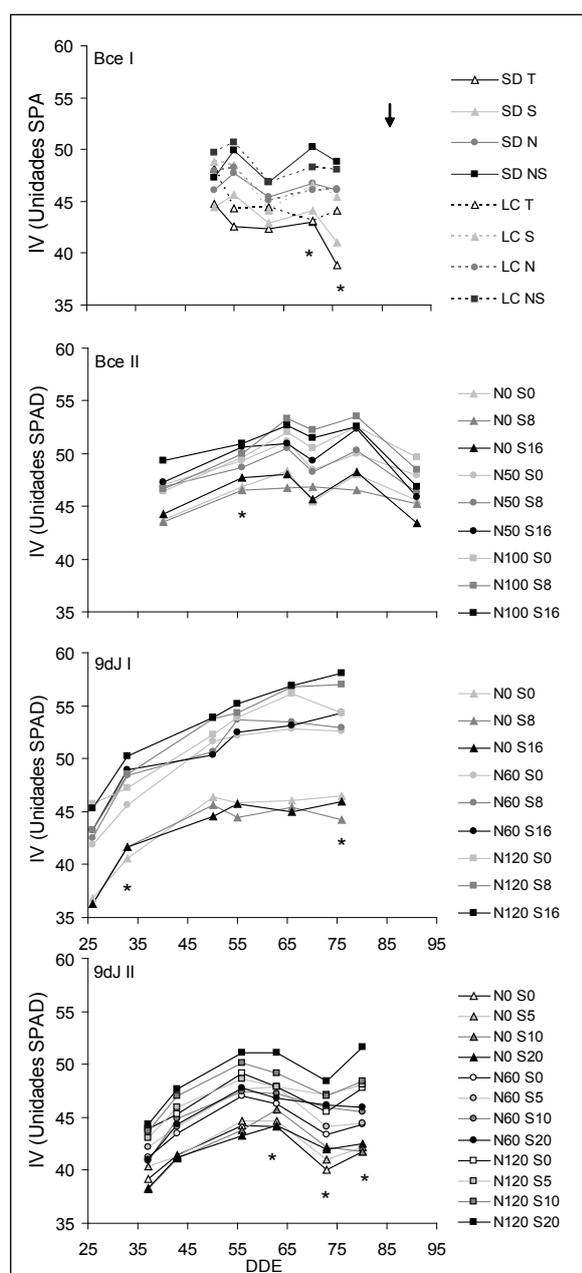


Figura 1. Evolución del índice de verdor (IV) a través del ciclo del cultivo para los cuatro experimentos, DDE = días después de la emergencia. Las flechas indican los momentos de floración y los asteriscos, efecto significativo de S.

para los momentos de 51, 55, 62, 71 y 76 DDE, respectivamente. Estos resultados coinciden con los reportados por Blackmer y Schepers (1995) y Sainz Rozas y Echeverría (1998), autores que atribuyeron el bajo valor predictivo del IV en estadíos tempranos a dos causas principales: en primer lugar, las bajas temperaturas del aire que se registran generalmente durante las primeras fases del ciclo del cultivo limitan la síntesis de clorofila (Dwyer *et al.*, 1991), y en segundo lugar, a aportes tardíos de N por mineralización.

En Bce II, la regresión entre las lecturas de IV y el rendimiento fue significativa ( $p < 0.03$ ) para todos los momentos de determinación, a excepción del último (91 DDE). Los coeficientes de determinación de las regresiones lineales fueron 0.52, 0.55, 0.50, 0.50, 0.55 y 0.10 para los momentos de medición de IV de 40, 56, 65, 70, 79 y 91 DDE, respectivamente. En este experimento se observó que los valores de  $R^2$  no mejoraron a medida que avanzó el ciclo del cultivo, lo que se explicaría por el marcado déficit hídrico que tuvo lugar a partir de 80 DDE.

En la localidad de 9 de Julio, se encontró una muy estrecha asociación entre el IV y el rendimiento en todos los momentos de medición ( $p < 0.01$ ). Los coeficientes de determinación de las regresiones lineales

fueron 0.88, 0.83, 0.92, 0.88, 0.95 y 0.94 para los momentos de medición de IV de 26, 33, 50, 55, 66 y 76 DDE, respectivamente en 9dJ I, y de 0.84, 0.91, 0.89, 0.88, 0.87 y 0.93 para los momentos de 37, 43, 56, 63, 73, 80 DDE, respectivamente en 9dJ II. Estos valores difieren de los informados por Ferrari *et al.* (2000), quienes trabajando en el centro-norte de la Provincia de Buenos Aires y sur de Santa Fe, no encontraron relaciones entre las lecturas del medidor de clorofila y el rendimiento del maíz en momentos tempranos de determinación y hallaron ajustes de menor magnitud a los aquí presentados, en etapas posteriores. Estos elevados  $R^2$  pueden deberse en primer lugar a las adecuadas condiciones hídricas que se registraron durante todo el ciclo del cultivo, y a que la localidad de 9 de Julio presenta, generalmente, mayores temperaturas que las registradas en Balcarce, sobre todo en los primeros estadíos del cultivo. Además, el estrés nitrogenado que se presentó en estos experimentos (9dJ I y 9dJ II) fue de mayor magnitud en comparación con los otros dos (Bce I y Bce II), lo que determinó rangos de IV y de rendimientos mayores. Esta característica también contribuyó a explicar el mejor valor de ajuste de la segunda variable en comparación con la primera.

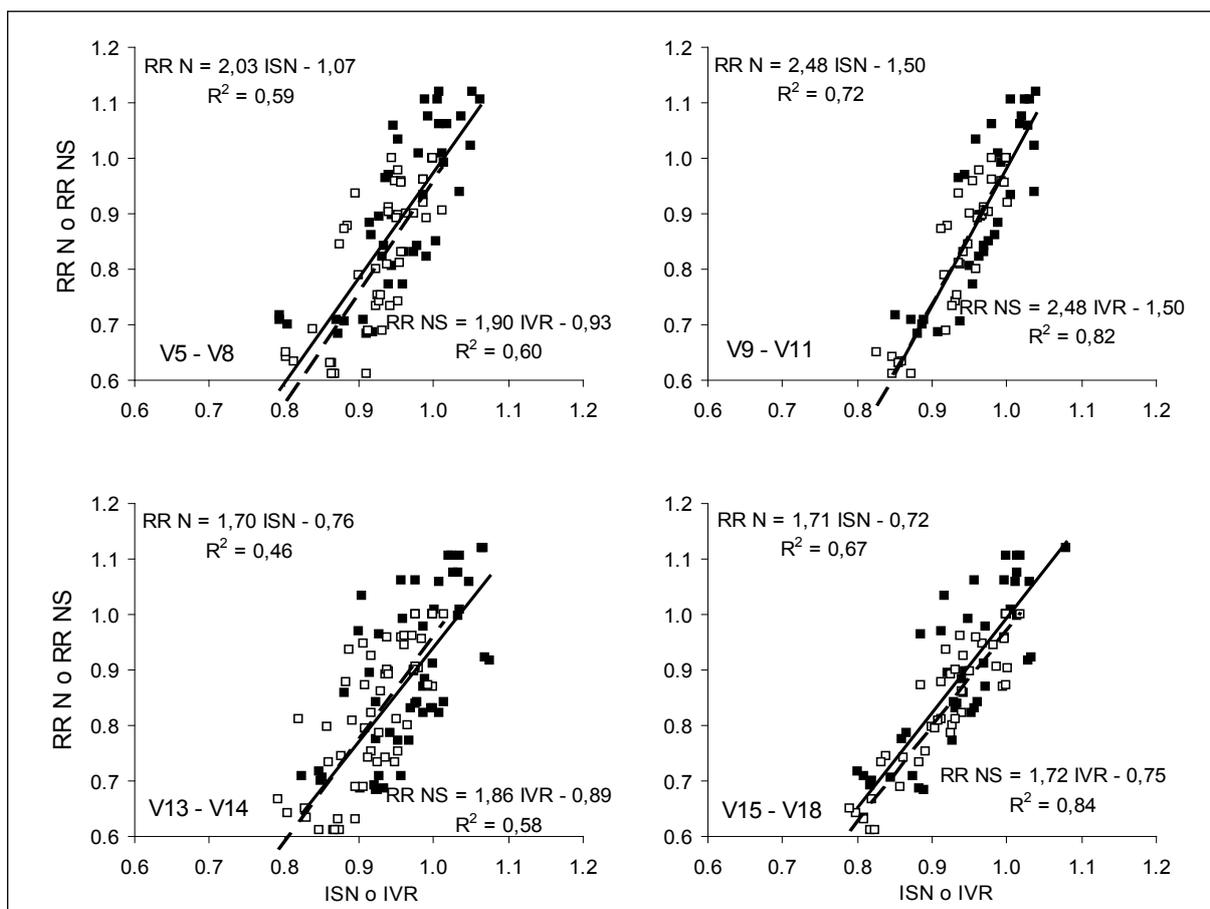


Figura 2. Relación entre el rendimiento relativo de nitrógeno (RR N) y el ISN (cuadrados negros, línea llena), y el rendimiento relativo de nitrógeno-azufre (RR NS) y el IVR (cuadrados blancos, línea discontinua) para distintos momentos de determinación. Datos de los cuatro experimentos.

Tabla 2. Rendimiento en grano de los cuatro experimentos en función del sistema de labranza y la adición de N y S (Bce I); y de la aplicación de N y S (Bce II, 9dJ I y 9dJ II). Letras iguales representan diferencias no significativas.

Labranza	Tratamientos		Rendimiento
	N	S	---- kg ha <sup>-1</sup> ----
<b>Bce I</b>			
SD	0	0	8064 d
	0	15	9026 cd
	150	0	10286 b
LC	150	15	10635 b
	0	0	9817 c
	0	15	9642 c
	150	0	11418 a
	150	15	11872 a
<b>Bce II</b>			
	0	0	8234 d
		8	8185 d
		16	8772 bc
	50	0	8410 c
		8	8991 b
		16	8998 b
	100	0	8482 c
		8	9386 a
		16	9383 a
<b>9dJ I</b>			
	0	0	9742 d
		8	9869 d
		16	9998 d
	60	0	12307 c
		8	12455 c
		16	12483 c
	120	0	13929 b
		8	14732 a
		16	15399 a
<b>9dJ II</b>			
	0	0	5501 f
		5	6490 ef
		10	6701 de
		20	6467 ef
	60	0	7300 cde
		5	7858 c
		10	7786 cd
		20	7975 c
	120	0	9467 b
		5	9544 ab
		10	10183 ab
		20	10606 a

### Comparación de índices

A fin de determinar si el efecto del S sobre el IV es lo suficientemente importante como para alterar el ISN, se empleó un test de comparación de medias (test t de Student) entre el ISN y el IVR, siendo este un nuevo índice que se propone para situaciones en las que se supone que podrían existir deficiencias de S. La Tabla 3 muestra que los valores de IVR tendieron a ser menores que los de ISN para la mayoría de los momentos de determinación (5, 2, 3 y 4% menores para Bce I, Bce II, 9dJ I y 9dJ II, respectivamente; promedio de todos los momentos). Estos resultados son consecuencia de los mayores valores de IV obtenidos en los tratamientos con N y S en comparación con los tratamientos con N.

Con el fin de visualizar las diferencias entre el ISN y el IVR, se tomaron los valores de los cuatro experi-

Tabla 3. Índice de suficiencia de N (ISN), índice de verdor relativo (IVR) y valor p para cada momento de determinación de IV para los cuatro experimentos. DDE = días después de la emergencia.

Índice	----- DDE -----					
	Bce I					
	51	55	62	71	76	-
ISN	0,98	0,98	0,99	0,98	0,95	-
IVR	0,95	0,93	0,96	0,90	0,91	-
valor P	0,10	0,13	0,11	0,001	0,10	-
<b>Bce II</b>						
	40	56	65	70	79	91
ISN	0,99	0,98	0,97	0,96	0,96	0,94
IVR	0,93	0,96	0,96	0,95	0,96	1,00
valor P	0,01	0,11	0,35	0,42	0,58	0,15
<b>9dJ I</b>						
	26	33	50	55	66	76
ISN	0,90	0,97	0,95	0,94	0,92	0,95
IVR	0,91	0,91	0,93	0,91	0,91	0,89
valor P	0,45	0,10	0,24	0,18	0,43	0,20
<b>9dJ II</b>						
	37	43	56	63	73	80
ISN	0,89	0,91	0,90	0,92	0,88	0,88
IVR	0,89	0,87	0,87	0,86	0,83	0,81
valor P	0,51	0,23	0,19	0,03	0,05	0,02

Tabla 1. Algunas características de los suelos de los sitios experimentales. MO: materia orgánica, P: fósforo disponible, N-NO<sub>3</sub>: nitrógeno como nitrato, S-SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>: azufre como sulfato.

	MO	pH	P	N-NO <sub>3</sub>	S-SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>
	(%)	(1:2,5)	(mg kg <sup>-1</sup> )	(kg ha <sup>-1</sup> <sub>a 60 cm</sub> )	(kg ha <sup>-1</sup> <sub>a 60 cm</sub> )
Bce I	5,3	5,9	19,8	66	36
Bce II	5,3	5,3	8,0	88	31
9dJ I	2,8	6,3	9,0	52	38
9dJ II	2,3	6,4	18,1	61	30

mentos y se agruparon en intervalos de momentos de muestreo: V5-V8, V9-V11, V13-V14 y V15-V18. En la Figura 2 se presenta la relación entre los rendimientos relativos (RR N y RR NS) y los dos índices (ISN e IVR). Se observa que las rectas de regresión resultantes de la utilización de ambos índices son coincidentes para todos los momentos de determinación (no existe diferencia significativa en sus pendientes ni en sus ordenadas al origen) ( $p=0.86$ ). Sin embargo, el IVR se ubica en la parte inferior de la recta de regresión, mientras que el ISN, en la parte superior. Lo anterior señala que el N no fue el único nutriente determinante de la intensidad de color verde del canopeo, no obstante, la falta de interacción con S permitiría utilizar el ISN como metodología de diagnóstico aún ante deficiencia de S, condición bajo la cual no se maximizan los rendimientos del cultivo ni la intensidad de color verde del canopeo (Figura 2).

## Conclusión

Ante una moderada deficiencia de S no se afectó la capacidad del clásico ISN, determinado con el medidor de clorofila, para caracterizar la deficiencia de N en maíz. No se percibieron ventajas significativas por la utilización de un nuevo índice (IVR) ya que este se relacionó de la misma manera que el ISN con el rendimiento relativo. Sería pertinente repetir esta experiencia en suelos con mayor estrés de S para confirmar estos resultados.

## Bibliografía

- Blackmer T.M. & J.S. Schepers.** 1995. Use of chlorophyll meter to monitor nitrogen status and schedule fertigation for corn. *J. Prod. Agric.* 8:56-60.
- Dominguez G.F., G.A. Studdert, H.E. Echeverría y F.H. Andrade.** 2001. Sistemas de cultivo y nutrición nitrogenada de maíz. *Cien. Suelo* 19: 47-56.
- Dwyer L.M., M. Tollenaar & L. Houwing.** 1991. A non-destructive method to monitor leaf greenness in corn. *Can. J. Plant Sci.* 71: 505-509.
- Echeverría H.E.** 2002. Exploración de deficiencias de azufre en sistemas productivos del sudeste bonaerense. Estación Experimental Agropecuaria INTA Balcarce. *Boletín Técnico* N° 156. 19 p.
- Echeverría H.E. y H.R. Sainz Rozas.** 2005. Maíz. p. 255-282. En: H.E. Echeverría y F.O. García (ed.) *Fertilidad de suelos y fertilización de cultivos*. Editorial INTA, Buenos Aires, Argentina.
- Ferrari M., J. Ostojic, L. Venimiglia, H. Carta, G. Ferraris, S. Rillo, M.R.L. de Galeto, F. Rimatori y M.V. Bernasconi.** 2000. Predicción de la respuesta de maíz a la fertilización nitrogenada a través de indicadores de suelo y planta al estado de seis hojas. Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, XVII, Mar del Plata (Buenos Aires), Argentina [CD-ROM]. 11-14 Apr. 2000. Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo Publ., Mar del Plata (Buenos Aires), Argentina.
- Ferraris G.N. y L.A. Couretot.** 2006. Evaluación de diferentes niveles de nitrógeno y fechas de aplicación y su interacción con azufre usando Fuentes líquidas en el norte de Buenos Aires. p. 70-73. En: *Maíz en siembra directa*. Revista técnica de la Asociación de productores en siembra directa. Ago. 2006.
- Fontanetto H., O. Keller, R. Inwinkelried, N. Citroni & F.O. García.** 2000. Phosphorus and Sulfur Fertilization of Corn in the Northern Pampas. *Better Crops* 14: 1-5.
- Jemison J.M. & D.E. Litle.** 1996. Field evaluation of two nitrogen testing methods in Maine. *J. Prod. Agric.* 9:108-113
- Martínez F. y G. Cordone.** 1998. Resultados de ensayos de fertilización azufrada en soja. Para Mejorar la Producción N° 8. E.E.A. Oliveros INTA.
- Pagani A., H.E. Echeverría y H.R. Sainz Rozas.** 2009. Respuesta a nitrógeno y azufre en el cultivo de maíz en diferentes ambientes de la provincia de Buenos Aires. *Cien. Suelo* (en prensa).
- Reussi Calvo N.I., H.E. Echeverría y H.R. Sainz Rozas.** 2006. Respuesta del cultivo de trigo al agregado de azufre en el sudeste bonaerense. *Cien. Suelo* 24: 77-87.
- Sainz Rozas H.R. y H.E. Echeverría.** 1998. Relación entre lecturas del medidor de clorofila (Minolta SPAD 502) en diferentes estados del cultivo de maíz y el rendimiento en grano. *Rev. Fac. Agron. La Plata.* 103:37-44.
- Sainz Rozas H.R., H.E. Echeverría, E. Herfuth y G.A. Studdert.** 2001. Nitratos en la base de tallos en maíz. II Diagnóstico de la nutrición nitrogenada. *Cien. Suelo.* 19:125-135.
- SAS Institute.** 1996. User's guide. Statistics. Version 6. SAS Inst., Cary, NC.
- Schepers J.S., T.M. Blackmer & D.D. Francis.** 1992. Predicting N fertilizer needs for corn in humid regions: using chlorophyll meters. p. 105-114. En: B.R. Bock y K.R. Kelley (ed.) *Predicting N fertilizer needs for corn in humid regions*. Natl. Fert. Environ. Res. Cent., TVA, Muscle Shoals, AL.
- Uhart S.A. & F.H. Andrade.** 1995. Nitrogen deficiency in maize: I. Effects on crop growth, development, dry matter partitioning and kernel set. *Crop Sci.* 35: 1376-1383.
- Uhart S.A. y H.E. Echeverría.** 2002. Diagnóstico de la fertilización. p. 239-272. En: F.H. Andrade y V.O. Sadras (ed.) *Bases para el manejo de maíz girasol y soja*. INTA Balcarce-Facultad de Ciencias Agrarias. Balcarce, Argentina.
- Ventimiglia L.A.** 2005. Nutrición de cultivos en el centro de la provincia de Buenos Aires. En: Simposio Fertilidad 2005, Rosario (Santa Fé), Argentina. 27-28 Apr. 2005. INPOFOS y Fertilizar Asociación Civil Publ., Rosario (Santa Fé), Argentina.
- Wolfe D.W., D.W. Henderson, T.C. Hsiao & A. Alvino.** 1988. Interactive water and nitrogen effects on senescence of maize. II. Photosynthetic decline and longevity of individual leaves. *Agron. J.* 80: 865-870. ■

# FERTILIZACIÓN DEL CULTIVO DE SOJA EN EL SUDESTE BONAERENSE

## RESULTADO DE ENSAYOS EN LA CAMPAÑA 2009/10

Laureano Boga

Mosaic de Argentina-Desarrollo Técnico  
Ruta 227 km 7,5 - (7631) Quequén – Buenos Aires  
laureano.boga@mosaicco.com

### Introducción

La soja es un cultivo que ha tenido un crecimiento exponencial en la región sudeste de la provincia de Buenos Aires. En el mercado afluente al puerto de Necochea se cultivan alrededor de 1.300.000 ha de soja, 500.000 ha de girasol y 190.000 ha de maíz, representando así la soja más del 65% de la superficie de cultivos de verano en la región.

Este crecimiento en área no ha sido acompañado de la misma manera en el uso de fertilizantes. Para la campaña 2004/05 se sembraban en la región 977.000 ha y se consumían 39.500 toneladas de fertilizantes fosforados lo que representaba un consumo de 40 kg/ha. Para la campaña 2009/10, la superficie sembrada fue de 1.200.000 ha y el consumo de fertilizantes fosforados no sobrepasó las 40.000 toneladas, registrándose entonces un 22% de crecimiento en área sembrada sin que esto se refleje en el consumo de fertilizantes. Estos datos evidencian que la fertilización en el cultivo de soja en la región sudeste no está tan arraigada como la fertilización de cereales, en los cuales cambios en la superficie sembrada siempre se reflejan en cambios en el consumo de fertilizantes.

Para la región sudeste existe información para el manejo de la fertilización en soja (Berardo y Reussi Calvo, 2009), sin embargo, es necesario continuar generando información sobre fertilización principalmente fosforo-azufrada, orientada a consolidar el concepto de Mejores Prácticas de Manejo (MPM) para la fertilización del cultivo de soja en la región.

### Materiales y métodos

En la campaña 2009/10 se instalaron siete ensayos de fertilización fosforada y fosforo-azufrada en las localidades Mechongué, Lobería, Tandil, Cascallares, Irene, San Cayetano y González Chávez, bajo sistemas de siembra directa (SD) (Tabla 1). Los tres primeros representan la zona Mar y Sierras (ZMyS) con mayor potencialidad para el cultivo, mientras que los restantes son característicos de la zona Mixta Cerealera (ZMC) predominando ambientes de menor potencialidad para el cultivo.

Los tratamientos evaluados fueron: 1) Testigo (T); 2) Fósforo (P) aplicado como fosfato monoamónico (FMA, 10% N y 22,5% P); y 3) Fósforo + Azufre (PS), aplicado mediante una mezcla de 40% de superfosfato simple (SFS, 9% P y 12% S) + 60% de FMA (Tabla 1).

En todos los sitios, los tratamientos se dispusieron en bloques completos aleatorizados con repeticiones. En la ZMyS, los ensayos fueron realizados en parcelas de 5x3,2 m con cuatro repeticiones por tratamiento mientras que en la ZMC se realizaron parcelones de 8 m de ancho por 300 m de largo, con tres repeticiones por tratamiento. En pre-siembra se muestrearon los sitios para caracterizar nutricionalmente los ambientes. Los sitios de ZMyS se cosecharon con maquinaria experimental, mientras que los sitios de ZMC fueron cosechados con máquina de productor pesando con carro balanza. Los rendimientos fueron corregidos a humedad comercial.

Tabla 1. Características de los sitios, análisis de suelos a la siembra y dosis de nutrientes P y S aplicados en los tratamientos de fertilización. Ensayos Campaña 2009/10, sudeste de Buenos Aires.

Sitio	Lobería	Mechongué	Tandil	Irene	San Cayetano	G. Chávez	Cascallares
Características de los sitios							
Antecesor	Trigo	Trigo	Girasol	Avena	Trigo/Soja	Trigo/Soja	Cebada
Fecha siembra	14/12/09	12/12/09	24/11/09	4/12/09	1/12/09	30/10/09	27/11/09
Variiedad	Nidera 3700	Nidera 3701	Nidera 3702	Don Mario 4200	Don Mario 3800	Don Mario 4600	Nidera 4209
Análisis de suelo a la siembra							
P Bray (ppm)	15	8	12	19	24	10	12
Materia orgánica (MO) (%)	4.6	4.4	5.1	2.9	3.7	5.2	3.0
S-sulfatos, 0-20 cm (ppm)	8	5	6	7	4	9	7
S-sulfatos, 20-40 cm (ppm)	9	5	8	-	-	-	-
Dosis de nutrientes (kg/ha)							
P	15 P	15 P	15 P	10 P	10 P	10 P	10 P
PS	15 P + 8 S	15 P + 8 S	15 P + 8 S	10 P + 6 S	10 P + 6 S	10 P + 6 S	10 P + 6 S

### Resultados

Los niveles de P Bray del suelo de los sitios evaluados abarcan un amplio rango de disponibilidades (Tabla 1). Los sitios de San Cayetano e Irene presentaron niveles muy por encima de 11-13 ppm, rango considerado como suficiente para alcanzar el 90% del rendimiento máximo del cultivo (García *et al.*, 2005). El nivel de P Bray en los sitios de Lobería, Tandil y Cascallares fue cercano o dentro del rango crítico, mientras que G. Chávez y Mechongué presentaron valores inferiores al nivel crítico. Los niveles de S sulfatos encontrados superficialmente (0-20 cm) están por debajo de 10 ppm en todos los sitios, valor este considerado como umbral de respuesta en algunas referencias internacionales (García *et al.*, 2009). Las precipitaciones registradas en ambas zonas ZMC y ZMyS fueron adecuadas durante todo el ciclo del cultivo (Tabla 2). La mayoría de los ensayos fueron sembrados entre fines de noviembre y principios de

diciembre, momento en que se registraron más de 150 mm. De este modo, la implantación (primer periodo crítico) transcurrió sin limitantes hídricas. Durante marzo, periodo en que los cultivos transitaron la fase crítica R5-R6, las precipitaciones registradas también aseguraron que el crecimiento del cultivo no haya estado limitado por agua.

El rendimiento promedio de las localidades ensayadas fue de 3000 kg/ha, siendo el sitio Cascallares el de mayor rendimiento superando los 4000 kg/ha, y el sitio de Irene el de menor rendimiento con 1700 kg/ha. Se observaron respuestas significativas a la fertilización PS (Testigo vs. PS) en cuatro de los siete sitios ensayados (G. Chávez, Cascallares, Lobería y Mechongué), sitios que presentaron niveles de P Bray debajo o en el rango crítico de P Bray para soja (Tabla 3). Los sitios sin respuesta a fertilización (Tandil, San Cayetano e Irene) presentaron valores de P Bray en el rango crítico o muy superiores al mismo. Las respuestas a la aplicación única de P (Testigo vs. P), se observaron en Lobería y Mechongué. La aplicación de S con base de P (P vs. PS), mostró respuestas significativas en G. Chávez y Cascallares.

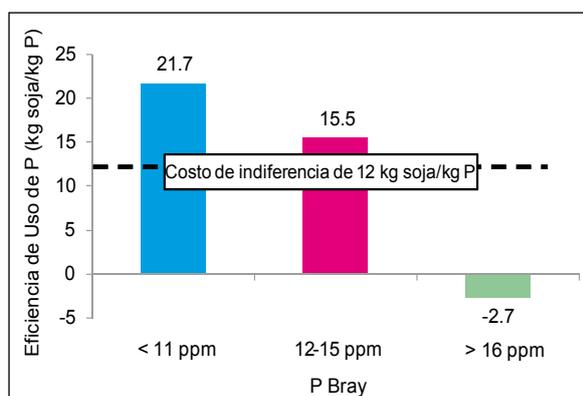


Figura 1. Eficiencia de uso de P (kg soja/kg P) según categoría de P Bray para los siete sitios de ensayo en el sudeste de Buenos Aires. Campaña 2009/10.

Tabla 2. Precipitaciones mensuales promedio en la zona Mar y Sierras y Mixta Cerealera, noviembre 2008 a Marzo 2009.

Mes	Precipitaciones (mm)	
	Mar y Sierras	Mixta Cerealera
Noviembre	70	79
Diciembre	121	109
Enero	83	93
Febrero	107	244
Marzo	203	90
Noviembre-Marzo	584	615

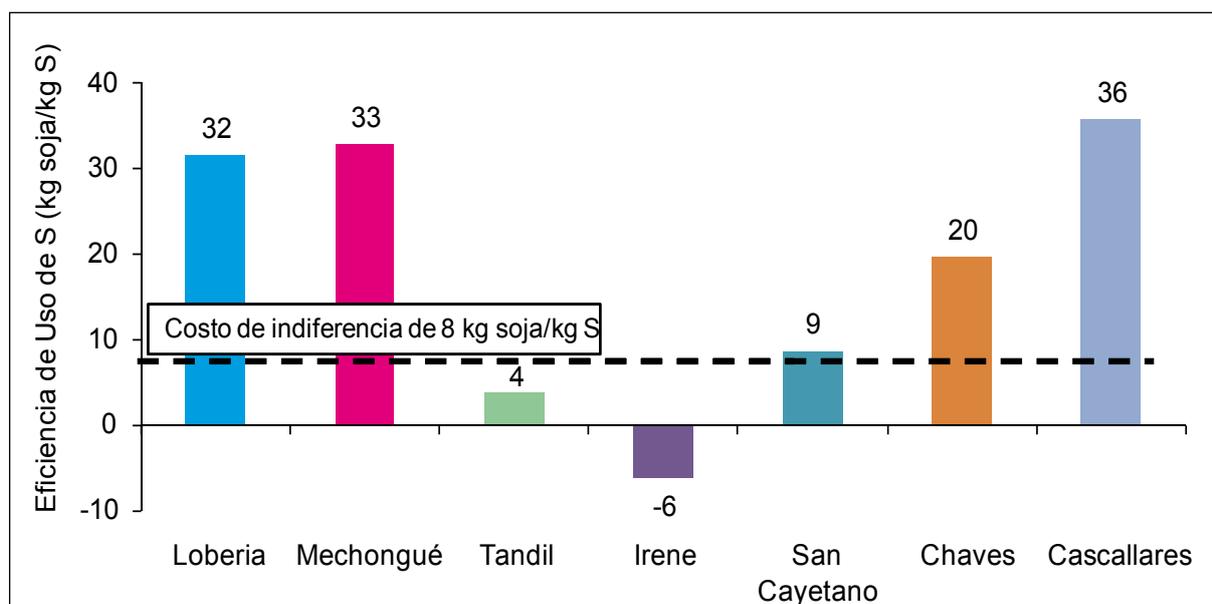


Figura 2. Eficiencia de uso de S (kg soja/kg S) para los siete sitios de ensayo en el sudeste de Buenos Aires. Campaña 2009/10.

El nivel de P Bray explicó en 33 % la variabilidad del rendimiento relativo de P (relación Rendimiento Testigo/rendimiento P) y permitió separar los sitios con eficiencia de uso de P con respuesta económica significativa. La Figura 1 muestra que los sitios con nivel de P Bray inferior a 11 ppm registraron eficiencias de uso de P (EUP) de 21.7 kg soja por kg de P aplicado, muy superiores al costo de 12 kg de soja por kg de P (valores a Agosto 2010). Con niveles de P Bray de 12 a 15 ppm, la EUP promedio fue levemente superior al costo mientras que en sitios con P Bray superior a las 16 ppm, no se obtuvieron respuestas económicas a P.

Las respuestas a S no se relacionaron con el nivel de S-sulfatos o de materia orgánica. Sin embargo, la eficiencia de uso de S superó al costo de indiferencia de 8 kg de soja por kg de S en cuatro de los siete sitios evaluados (Lobería, Mechongué, G. Chávez y Cascallares) (Figura 2).

## Conclusiones

- Se observaron respuestas significativas a la fertilización PS en cuatro de los siete ensayos realizados en la campaña 2009/10.
- Las respuestas a P se relacionaron con el nivel de P Bray y resultaron económicas con P Bray menor de 11 ppm.

- Se observaron respuestas económicas a S en cuatro de los siete ensayos, pero la respuesta no se pudo relacionar con la disponibilidad de S-sulfatos o el nivel de MO.

## Agradecimientos

A Ana Jensen por su excelente trabajo de conducción en condiciones de campo de estos ensayos. A los colegas Juan Passarotti, Juan Pedro Jensen, Gustavo Thiessen y Jorge Ramirez por poner a disposición sus campos y personal. A Matias Ruffo por el análisis de la información. Al equipo de Agrar del Sur por la conducción de los sitios de Mechongué, Tandil y Lobería.

## Bibliografía

- Berardo A., y N. Reussi Calvo.** 2009. Pautas para el manejo de la fertilización en soja. [www.laboratoriofertilab.com.ar](http://www.laboratoriofertilab.com.ar).
- García F., L. Picone y A. Berardo.** 2005. Fósforo. In H. Echeverría y F. García (ed.). Fertilidad de Suelos y Fertilización de Cultivos. Editorial INTA. Buenos Aires. pp. 99-121.
- García F., I. Ciampitti y H. Baigorri (ed.).** 2009. Manual de manejo del cultivo de soja. IPNI Cono Sur. Acassuso, Buenos Aires, Argentina. 180 pág. ■

Tabla 3. Rendimiento de soja para los tres tratamientos evaluados en los siete sitios de ensayo en el sudeste de Buenos Aires. Campaña 2009/10.

Sitio	Rendimiento (kg/ha)			CV (%)	Valor de p
	PS	P	Testigo		
Lobería	3061 a	2808 a	2382 b	8.2	0.0035
Mechongué	3538 a	3276 a	2712 b	9.7	0.0004
Tandil	3521	3490	3305	3.9	0.40
Irene	1769	1806	1724	6.3	0.47
San Cayetano	2192 a	2141 b	2276 a	5.2	0.09
G. Chávez	3878 a	3760 ab	3701 b	2.8	0.03
Cascallares	4218 a	4003 ab	3947 b	5.1	0.10

Rendimientos con letras distintas, para un mismo sitio, difieren significativamente entre sí.

VEA TODOS LOS ARTICULOS  
DE INFORMACIONES AGRONOMICAS DEL CONO SUR EN:

[WWW.IPNI.NET/LASC](http://WWW.IPNI.NET/LASC)

# EVALUACIÓN DE DISTINTAS ESPECIES DE CULTIVOS DE COBERTURA EN SECUENCIAS SOJA-SOJA EN EL ÁREA SUR DE LA PROVINCIA DE SANTA FE

J. Capurro <sup>(1)</sup>; J. Surjack <sup>(2)</sup>; J. Andriani <sup>(3)</sup>; M.J. Dickie <sup>(4)</sup>; M.C. González <sup>(3)</sup>

<sup>(1)</sup>AER INTA Cañada de Gómez, Lavalle 1466 (2500, Cda de Gómez), inta@steelcdg.com.ar;

<sup>(2)</sup>Asesor privado; <sup>(3)</sup>EEA INTA Oliveros; <sup>(4)</sup>FCA, UNR, mdickie@unr.edu.ar

Presentado al XXII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo – AACCS – Rosario 31 de Mayo al 4 de Junio de 2010

## Introducción

En los sistemas de producción agrícolas puros del sur santafesino, el aumento de la superficie destinada a soja de primera, en detrimento de áreas dedicadas anteriormente a maíz y trigo, ha generalizado el problema de falta de cobertura vegetal en los suelos cultivados. Según datos de la SAGPyA (2009), la superficie ocupada por el cultivo de soja se incrementó de 43% a 74% del total agrícola de la provincia de Santa Fe, en el período comprendido entre las campañas 1979/80 y 2007/08. Paralelamente, el área sembrada con maíz y trigo disminuyó de 57% a 26% en la región citada.

En las rotaciones agrícolas en siembra directa difundidas en la región, los cultivos de maíz y trigo proveían a los suelos de importantes cantidades de rastrojos luego de su cosecha. A partir del fuerte predominio de la soja, la ausencia de cobertura comienza a visualizarse como una limitante para estos sistemas de producción. Esto se debe a que este cultivo produce menor cantidad de rastrojos que sufren una rápida descomposición, por su alto contenido en nitrógeno (N). La problemática se agrava en áreas onduladas, en las cuales parte de las lluvias de primavera escurren hacia las zonas más bajas de los lotes, llevándose el escaso rastrojo remanente. Así, la soja sembrada a continuación, emerge en suelos casi descubiertos. Una alternativa para incrementar el aporte de residuos en sistemas de agricultura continua con alta participación de soja, es la incorporación de cultivos de cobertura (CC) (Álvarez y Scianca, 2006). Los CC se siembran entre dos cultivos de cosecha con el objeto de aumentar el aporte de carbono, disminuir la lixiviación de nitratos, reducir la compactación y aumentar la cobertura; no se incorporan, ni se pastorean, ni se cosechan (Restovich, 2006). Según Casas (2007), los CC permiten mantener elevadas tasas de infiltración del agua de lluvia, debido al incremento de la cobertura del suelo y de la macroporosidad, por descomposición de las raíces que generan un sistema de canales o galerías. La mayor cobertura de biomasa disponible disminuye la amplitud térmica del suelo superficial, que se traduce en menos pérdida de agua por evaporación. Esto genera una mejora en la eficiencia de uso del agua, que puede aumentar la disponibilidad para el cultivo agrícola siguiente. El objetivo general de este trabajo fue evaluar el

impacto de la inclusión de distintas especies de CC invernales en secuencias soja-soja. Los objetivos específicos consistieron en medir la producción de MS de distintas especies, cuantificar su consumo de agua y registrar los rendimientos de soja en el ambiente considerado.

## Materiales y métodos

Se establecieron ensayos, durante las campañas 2006 a 2008, en un suelo Argiudol típico serie Correa (Materia orgánica, MO = 2.91 g kg<sup>-1</sup>, P Bray = 17 mg kg<sup>-1</sup>, pH 5.96). Los tratamientos fueron dispuestos en un diseño en bloques completos aleatorizados con 3 repeticiones y parcelas de 500 m<sup>2</sup>. Se implantaron cinco tratamientos: Trigo (110 kg.ha<sup>-1</sup>), Avena sativa (60 kg.ha<sup>-1</sup>), Avena sativa + Vicia sativa (30 kg.ha<sup>-1</sup> + 30 kg.ha<sup>-1</sup>), Vicia sativa (45 kg.ha<sup>-1</sup>) y Ttestigo (sin CC). Todos los CC se fertilizaron con fósforo (P) y azufre (S) y las gramíneas no consociadas se fertilizaron con N. Cada año se evaluó la producción de materia seca aérea total (MS) en los distintos CC al momento de secado. El crecimiento de los CC se suprimió en promedio a los 152 días desde su siembra, en estadios reproductivos, con aplicaciones de glifosato. Los cultivos de soja se sembraron en labranza cero (SD) empleando semillas tratadas con inoculantes y fungicidas, a densidad de 40 pl/m<sup>2</sup>. La soja se fertilizó con P y S a la siembra. Se efectuó un seguimiento de agua en el suelo con sonda de neutrones, hasta los dos metros de profundidad y se calculó la variación de almacenaje en el suelo y el balance hídrico diario de los cultivos siguiendo la profundidad de exploración radical. Esta evaluación se realizó en el tratamiento vicia+avena en 2006 y en todos los tratamientos en 2007 y 2008. En la soja se determinó el rendimiento en kg.ha<sup>-1</sup>. Con los resultados de producción de MS en kg.ha<sup>-1</sup> de las especies de CC y los rendimientos de grano de soja en kg.ha<sup>-1</sup>, para cada año en particular, se realizó el análisis de la varianza para comparar el efecto de los distintos tratamientos y las correspondientes comparaciones múltiples se hicieron con el test de Duncan al 5%. Se realizó un análisis multivariado mediante el método de correspondencias múltiples (Benzécri, 1973).

### Resultados y discusión

La producción de MS de los CC varió entre 3163 y 8771 kg.ha<sup>-1</sup> (Tabla 1) con diferencias según especies y año considerado, siendo significativamente mayor en los tratamientos que incluyeron gramíneas. La vicia presentó producciones de MS menores que trigo, avena y avena+vicia, en los 3 años evaluados. En referencia al nivel de agua útil en el perfil del suelo, medido en los tratamientos Testigo y avena+vicia, la Fig. 1, correspondiente a la campaña 2006/07, muestra la línea de capacidad máxima de agua útil del suelo (AUM), la línea por debajo de la cual se produce estrés hídrico (L.Str.:50% del agua útil máxima) y el agua disponible para el cultivo a lo largo de su ciclo de crecimiento. Además, los triángulos representan los milímetros de agua diaria de los eventos de lluvia. Se distinguen en la figura dos ciclos, el de la izquierda perteneciente al del CC de invierno hasta su secado con herbicida y a la derecha el ciclo del cultivo de soja. En el primer ciclo, se aprecia como el Testigo (sin CC) consumió muy poca agua del perfil, manteniéndose en

altos niveles de agua útil. En cambio, la avena+vicia agotó el perfil hasta el límite de estrés (L.Str.), debido a las escasas lluvias durante su ciclo. En el ciclo de la derecha de la Fig. 1, correspondiente al cultivo de soja, se observa que las lluvias de noviembre y diciembre de 2006 llevaron prácticamente a capacidad de campo (AUM) el perfil de suelo, reservas que posteriormente se vieron reducidas por el alto consumo de la soja. Excepto por unos pocos días durante el mes de febrero, la soja nunca estuvo por debajo del límite de estrés, lo que aseguró un muy buen estado hídrico a lo largo de todo su ciclo. Durante la campaña 2007/08, el Testigo volvió a presentar valores más altos de agua útil que avena+vicia. Debido a la ocurrencia de lluvias de alto milimetraje en el mes de septiembre, los CC dejaron reservas del 70 a 80% del AUM para la soja siguiente. La soja estuvo bien provista de agua durante todo su ciclo, excepto a fines de enero y febrero que sufrió breves períodos con un estrés hídrico leve, siendo más marcado en el tratamiento que venía de avena-vicia. En la campaña 2008/09, los tratamientos permanecieron en niveles de agua útil por debajo

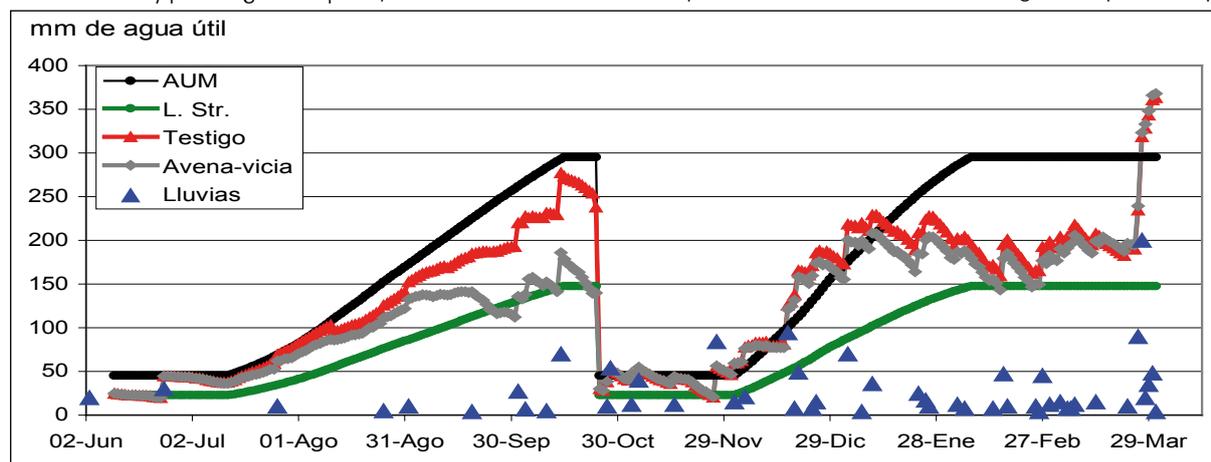


Figura 1. Balance hídrico diario de los tratamientos Testigo (sin CC) y con CC en base a avena+vicia y el posterior cultivo de soja. Correa, campaña 2006/07.

Tabla 1. Producción de materia seca (MS), en kg.ha<sup>-1</sup>, de las distintas especies utilizadas como CC en las campañas 2006, 2007 y 2008.

Tratamientos	Materia Seca (kg.ha <sup>-1</sup> )		
	2006	2007	2008
Trigo	8009 a	8268 a	5516 a
Avena	7317 ab	8771 a	5243 a
Avena + Vicia	6013 b	8518 a	4871 a
Vicia	3211 c	5740 b	3163 b

Letras distintas, en un mismo año, indican diferencias estadísticamente significativas, Duncan al 5%.

Tabla 2. Rendimiento de grano de soja, en kg.ha<sup>-1</sup>, sobre los diferentes tratamientos de cultivos de cobertura. Campañas 2006, 2007 y 2008.

Tratamientos	Rendimiento de soja (kg.ha <sup>-1</sup> )		
	2006/07	2007/08	2008/09
Trigo	4805 a	4021 b	3718 a
Avena	4669 a	4036 b	3560 a
Avena y Vicia	4672 a	3932 b	3539 a
Vicia	4876 a	4529 a	3559 a
Testigo	4696 a	4214 ab	3739 a

Letras distintas, en un mismo año, indican diferencias estadísticamente significativas, Duncan al 5%.

del límite de estrés hídrico. En el ciclo del cultivo de soja, las mayores reservas de agua inicial del testigo (sin CC) le permitieron mantener siempre un nivel más alto de agua en el suelo que avena + vicia. Excepto por breves períodos durante enero y febrero, el CC no logró superar el límite de estrés hídrico.

El rendimiento de soja varió entre 3539 y 4876 kg.ha<sup>-1</sup> (Tabla 2), no presentando diferencias significativas sobre los distintos antecesores, en dos de los tres años evaluados. En la campaña 2007/08, se registraron diferencias significativas en rendimiento de soja sobre vicia con respecto a trigo, avena y avena+via, pero no significativas con respecto al Testigo. Si bien no se evaluó la causa, cabe aclarar que la soja sembrada sobre vicia mantuvo todas sus hojas verdes un mayor número de días (una semana) que el resto de los tratamientos al final del ciclo del cultivo. Esto implicaría un período más largo de acumulación de MS en semilla, ya que todos los tratamientos de cobertura llegaron a R5 en la misma fecha.

En la Fig. 2 se observan los resultados del análisis multivariado de correspondencias múltiples. Se visualiza claramente un pronunciado efecto del año, caracterizado por las temperaturas medias y las precipitaciones registradas, sobre los resultados de MS de los CC y de rendimiento de grano de soja. La producción de MS fue superior en los años 1 y 2, con mayores valores de producción para éste último. El año 3 fue el de más baja producción de MS. En referencia al rendimiento de soja, los mayores valores se registraron el año 1, siendo el año 2 intermedio, con mayor cercanía al año 1 y los menores rendimientos se dieron en el año 3. Esto se visualiza también en la Tabla 2, con 4750, 4150 y 3600 kg.ha<sup>-1</sup> promedio, respectivamente.

En este análisis no se encontró asociación entre los distintos tratamientos evaluados con los rendimientos

del cultivo de soja y la producción de MS de los CC. Esa relación se estudió dentro de cada año con un análisis univariado (Tablas 1 y 2).

## Conclusión

La producción de MS de los CC y el rendimiento del cultivo de soja estuvieron claramente asociados a las condiciones de precipitaciones y temperaturas de cada año y no estuvieron asociados a los tratamientos de cobertura evaluados.

Los CC en base a trigo, avena y avena+via aportaron cantidades de MS significativamente superiores a vicia. El consumo de agua de los CC no fue limitante para la producción de MS de las especies evaluadas, ni para la producción de granos de soja.

Estudios posteriores deberían analizar el impacto a largo plazo de la inclusión de la técnica en los ambientes evaluados.

## Bibliografía

**Álvarez C. y C. Scianca** 2006. Cultivos de Cobertura en Molisoles de la Región Pampeana. Aporte de Carbono e Influencia sobre Propiedades Edáficas. Día de Campo EEA INTA Villegas. Jornada Profesional Agrícola 2006.

**Benzécri.** 1973. L`analyse des Données T.2. L` analyse des Correspondance, París Dunot.

**Casas R.** 2007. Director CIRN INTA Castelar. Comunicación pública.

**Restovich S., A. Andriulo., C. Sasal., A. Irizar., F. Rimatori., M. Darder y L. Hanuch.** 2006. Absorción de Agua y Nitrógeno edáfico de diferentes Cultivos de Cobertura. Actas XX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Salta-Jujuy. AACCS.

**SAGPyA.** Sistema Integrado de Información Agropecuaria. Septiembre 2009. ■

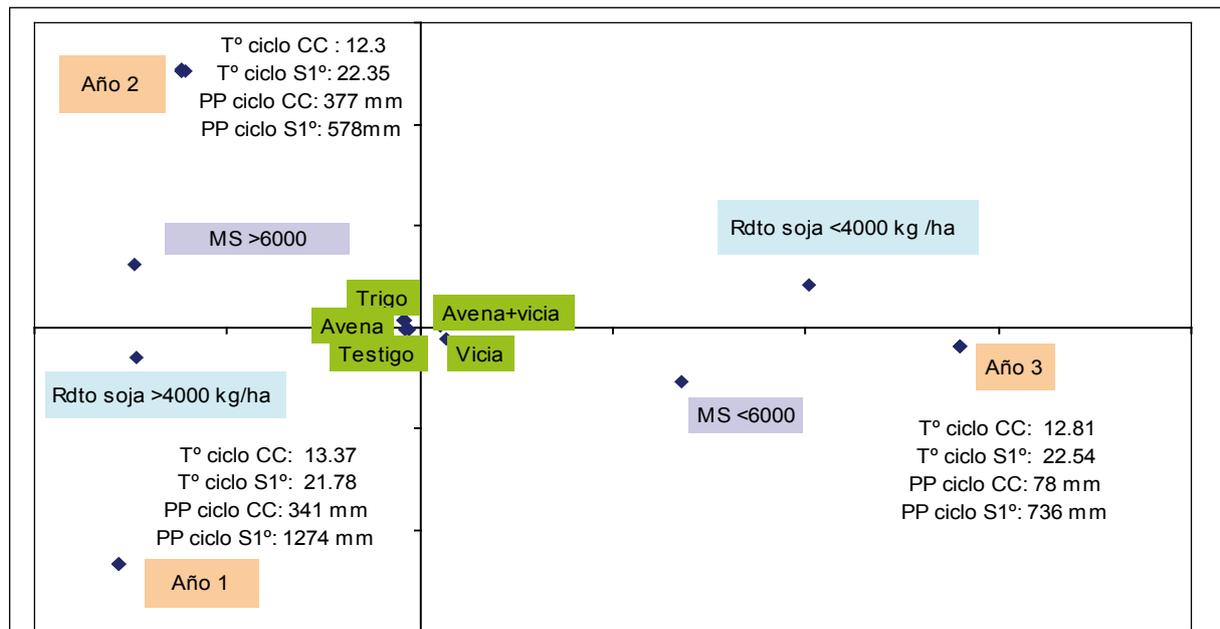


Figura 2. Relación entre MS de los CC y el rendimiento de soja, con las condiciones climáticas, temperaturas medias en °C (T°) y precipitaciones en mm (PP), de cada año y los tratamientos evaluados.

# MANEJO DE LOS EFLUENTES ORIGINADOS EN TAMBO: UNA EXPERIENCIA EN EL ESTE DE LA PAMPA

Marianela Diez<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Facultad Ciencias Exactas y Naturales- UNLPam  
diezmarianela@gmail.com

## Introducción

Pensar en una gestión de los efluentes generados en los tambos supone empezar a planificar su destino, procurando no deteriorar ni contaminar el entorno, y a compatibilizar las prácticas de manejo con un desarrollo sustentable, reduciendo la generación de residuos y recuperando un material valioso por las propiedades y nutrientes que contiene (Taverna *et al.*, 2002). Desde un punto de vista agronómico es interesante considerar la transferencia de nutrientes desde la pastura (silos) hacia los corrales. El uso de efluentes aparece aquí como una alternativa factible para reponer parte de estos nutrientes y aportar aquellos provenientes de la suplementación estratégica al ganado (derivados de soja, girasol, maíz, entre otros). El efluente almacenado en depósitos temporarios o permanentes puede ser distribuido utilizando tanques estercoleros o equipos de riego en un suelo barbechado, en un cultivo o pastura (Charlon *et al.*, 2004).

Normalmente la cosecha "mecánica" del forraje da lugar a una fuerte extracción de nutrientes, como nitrógeno (N), fósforo (P) y cationes (Ca, Mg, K), entre otros, que producen un desequilibrio en el suelo como la disminución del pH y el porcentaje de saturación de bases (Quiroga *et al.*, 2008). A través de suplementos para alimentación se genera un fuerte ingreso de nutrientes, como N, P, Ca, Mg y K, inclinando al sistema hacia balances positivos de estos nutrientes. Sin embargo, al considerar la distribución de los nutrientes en cuestión, existen sectores de pérdidas (lotes de producción) y sectores de concentración como los corrales (Zubizarreta, 2007). Por tanto, implementar una adecuada estrategia de redistribución de nutrientes poco móviles, por ej. P, mediante el uso de efluentes, contribuiría a un manejo sustentable del nutriente reduciendo o eliminando el uso de fertilizantes específicos.

En este artículo se presenta una evaluación de la respuesta del cultivo de maíz (cuantitativa y cualitativa) a la aplicación de efluentes de tambos en suelos con potencial productivo contrastante, *Molisoles (M)* y *Entisoles (E)*.

## Materiales y métodos

La experiencia se desarrolló en un establecimiento rural ubicado en el Establecimiento "Don Nicolás", departamento de Atreuco, La Pampa, situado a 2 km de la localidad de Miguel Riglos. El cultivo de maíz se estableció sobre un rastrojo de centeno pastoreado. La siembra se realizó el 30/09/08 con el híbrido CL PANNAR 6046, con una densidad de 4.6 plantas por metro lineal a 70 cm de distancia. Se utilizó una sembradora ERCA de 7 surcos con cuchillas para siembra directa. Se aplicó como arrancador 30 kg/ha de fertilizante nitrogenado Nitrocomplex, equivalente a 10 kg/ha de N. Las precipitaciones registradas durante el período de estudio (2008-2009) y el promedio mensual histórico para los últimos 21 años (1988-2009) se indican en la Tabla 1.

Los ensayos se realizaron en 2 posiciones del relieve: loma y bajo, que se corresponden con un Ustipsament y un Haplustol, respectivamente, los cuales se diferencian principalmente en la capacidad de retención de agua. Los tratamientos consistieron en 2 dosis de efluentes: D0 = Testigo sin efluente, y D1 = 20 mm de efluentes, aplicadas en el estadio fenológico de V6 (6 hojas). El diseño experimental utilizado fue completamente aleatorizado (DCA), con 4 repeticiones, conformando un total de 8 parcelas experimentales. Las dimensiones de las mismas fueron de 10 m<sup>2</sup> (2 X 5 m). En cuanto al análisis estadístico, se realizó el análisis de la varianza mediante ANOVA y el Test de Tukey para establecer las diferencias entre medias. Los efluentes generados en la instalación de ordeño, incluidos los producidos luego de la limpieza de la ordeñadora y del tanque de frío, son dirigidos por

Tabla 1. Distribución mensual de precipitaciones durante el período de estudio (2008-2009), y promedio mensual de precipitaciones históricas para los últimos 21 años (1988-2009).

Período	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero
	----- mm -----				
2008-2009	39	92	85	107	0
1988-2009	52	81	75	104	108

un canal a cielo abierto a un depósito temporario de mampostería. Una bomba estercolera impulsa el efluente a un carro abonador casero, finalizado el ordeño, se levanta el agua residual (4000 litros), una vez al día, y se vacía en diferentes sitios del campo, generalmente, zonas altas o lomas. Las muestras para determinar el contenido nutricional de efluentes se extrajeron del depósito de mampostería utilizando recipientes de 1.5 litros (4 repeticiones) para luego ser enviadas al Laboratorio de la Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca (Tabla 2). La fecha de aplicación en ambos sitios fue el 20/11/08. Se procedió de manera similar a la tecnología utilizada en la fertilización líquida mediante "chorreado" entre hileras del cultivo.

En cuanto a material vegetal, se realizaron dos cortes: el primero el 07/01/09, y el segundo el 27/01/09, momento establecido por el productor para el picado del maíz y la confección de silo.

Una vez establecido el ensayo, al estado de 6 hojas del maíz, se realizaron las siguientes determinaciones: i) del cultivo: Producción de Materia Seca (%MS secado en estufa a 60° C por 72 h), Proteína Bruta (PB, Kjeldhal), fibra en detergente neutro (FDN) y fibra en detergente ácido (FDA, Van Soest), Digestibilidad de la materia seca (DMS, a partir de FDA); ii) del suelo: Nitratos 0-20 cm y 20-60 cm (Método del ácido cromotrópico), contenido de humedad gravimétrica hasta la tosca. Todas las determinaciones fueron realizadas en el Laboratorio de Suelo y Forraje de la EEA de INTA Anguil.

### Resultados y discusión

La producción de MS se incrementó mediante el agregado de efluentes: + 5200 kg/ha (E) y +6000 kg/ha (M) (Figura 1). Como ilustración, en la Fotografía 1 se muestra el crecimiento de las plantas observado para los distintos tratamientos. El contenido de N-NO<sub>3</sub> también registró aumentos con el agregado de efluentes, principalmente en los primeros 20 cm del perfil alcanzando valores de 33 kg/ha (E) y 31.8 kg/ha (M) (Figura 2). Si bien parte del aporte de N se da en formas orgánicas (no inmediatamente disponible para las plantas), la mayor parte estaría compuesta por fracciones muy lábiles como proteínas y aminoácidos que en el suelo pasan rápidamente a formas disponibles. Asociado a esta mayor disponibilidad de N, se registraron incrementos

en los contenidos de Proteína Bruta al momento del corte para ensilado, mientras que no se comprobaron efectos estadísticamente significativos sobre otros parámetros de calidad del maíz para silo, como FDN y FDA. Estos resultados también coinciden con estudios realizados en Rafaela, donde la utilización de efluentes sólo incidió sobre los contenidos de proteínas, sin observarse efectos sobre otros parámetros de calidad forrajera (Charlón *et al.*, 2006). Asociado a una menor fertilidad y capacidad de retención de agua intrínsecas, se comprobó una menor eficiencia de uso del agua (EUA) en E (20 kg/ha.mm) respecto de M (32 kg/ha.mm). La Figura 3 muestra como el aporte de efluentes generó incrementos de la EUA en ambos suelos: E= 38 kg/ha.mm (+18) y M= 52 kg/ha.mm (+20), aspecto que resulta relevante en regiones semiáridas.

En base a los resultados observados, podemos decir que la utilización de efluentes puede resultar ventajosa económicamente, reemplazando parte de

Tabla 2. Concentración de nutrientes en efluente de tambo (ppm) y estimación de su contenido para la dosis de aplicación.

Nutrientes	Concentración	D1, 20 mm
	ppm	kg/ha
Na	133.7	26,8
Mg	101.5	20,4
K	596	119,2
Ca	166	33,2
S	19.1	4
B	0.81	0,16
P	08.2	20
N	1.33 %	120

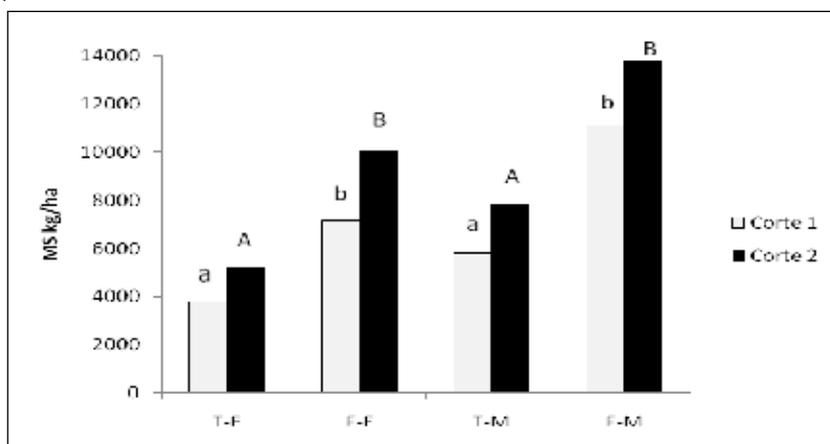


Figura 1. Producción de MS de maíz (kg/ha) con (F) y sin (T) aplicación de efluentes (D1, 20 mm) en dos suelos: Molisol (M) y Entisol (E). Letras diferentes sobre barras del mismo color indican diferencias estadísticas significativas dentro de un mismo suelo. Las letras minúsculas y mayúsculas corresponden al primer y segundo corte, respectivamente.



Fotografía 1. Efecto de la aplicación de efluente sobre el crecimiento de maíz al momento del primer corte para las dosis evaluadas.

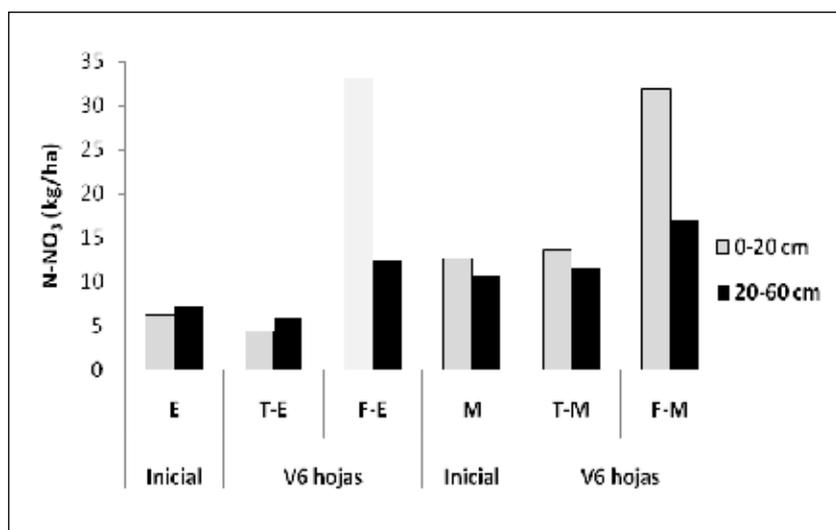


Figura 2. Contenido de N-NO<sub>3</sub> previo a la aplicación de efluentes y en V6, con (F) y sin (T) aplicación de efluentes (D1, 20 mm).

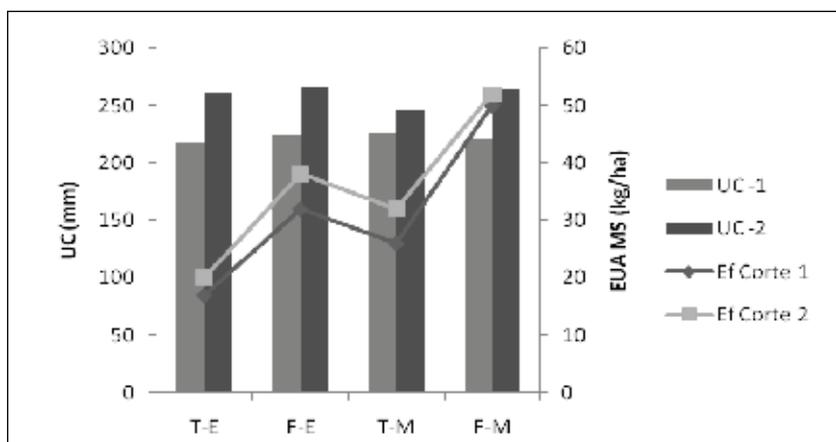


Figura 3. Eficiencia de uso del agua en maíz, con (F) y sin (T) aplicación de efluentes para primer y segundo corte en ambos sitios, E y M.

los nutrientes que es necesario incorporar mediante fertilizantes para obtener balances más favorables. Por otra parte, reciclar residuos productivos potencialmente contaminantes, constituye una alternativa sustentable para el sistema de producción en términos ambientales.

**Agradecimientos:**

La autora de este artículo agradece por su colaboración a: Laboratorio de la Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca; Laboratorio de Suelos de la EEA de INTA Anguil; Laboratorio de Forrajes de la EEA de INTA Anguil.; al Ing. Agr Alberto Quiroga, Ing. Agr Ileana Frasier e Ing. Agr Cecilia Sardiña; y al Ing. Agr Oscar Ormeño por las observaciones realizadas en el artículo.

**Bibliografía**

Charlon V., F. Manzi., E. Walter y M. Taverna. 2004. Riego por aspersión: un posible destino de los efluentes del tambo. Artículo de divulgación. Estación Experimental Agropecuaria Rafaela. Rafaela, Santa Fe, Argentina.

Charlon V., A. Cuatrín., H. Vivas y M. Taverna. 2006. Utilización de residuos orgánicos en la producción acumulada y la calidad de una pastura de alfalfa pura. Revista Argentina de producción animal. Vol 26 Supl.1. Pág. 172-173.

Quiroga A., R. Fernández., M. Farrell y O. Ormeño. 2008. Caracterización de los suelos de tambos de la cuenca de Trenque Lauquen. Revista CREA, Año XXXVI, No. 324.

Taverna M., V. Charlon., C. Panigatti., A. Castillo., P. Serrano y J. Giordano. 2002. Manejo de los residuos originados en las instalaciones de ordeño. Estación Experimental Agropecuaria Rafaela. Rafaela, Santa Fe, Argentina.

Zubizarreta J. 2007. Balance de nutrientes en tambos. Informe CREA Zona Oeste Arenoso, Grupo Trenque Lauquen III. ■

## EFFECTO DE LA FERTILIZACIÓN FOLIAR CON BORO Y NITRÓGENO SOBRE EL CULTIVO DE SOJA

Hugo Fontanetto<sup>1</sup>; Oscar Keller<sup>1</sup> y Julio Albrecht<sup>2</sup>

<sup>1</sup> EEA INTA Rafaela, Rafaela, Santa Fe; <sup>2</sup> Centro Primario AFA María Juana (SCL), Santa Fe  
hfontanetto@rafaela.inta.gov.ar

Los requerimientos de nitrógeno (N) en soja son cubiertos en gran medida por el mecanismo de fijación biológica de N (FBN); los de fósforo (P), azufre (S) y otros mesonutrientes se satisfacen por absorción radicular en el suelo y, bajo condiciones de deficiencia, generalmente se aplican al momento de la siembra como fertilizantes. Sin embargo, si otros micronutrientes limitan el rendimiento, pueden ser aplicados de otra manera y, en este caso, la pulverización foliar es una vía alternativa para complementar la nutrición en soja y otros cultivos extensivos. En la actualidad, los diagnósticos de respuesta a la fertilización foliar son más precisos, empleando herramientas como el análisis de suelo y de tejidos (Martens y Westermann, 1991), generando mayor

información con experiencias a campo y con un conocimiento más amplio acerca de eventuales deficiencias regionales (Ferraris y Couretot, 2007; 2008). En este sentido, se han producido notables avances en el rol de los micronutrientes en la respuesta de las plantas a condiciones de estrés (Yuncaí *et al.*, 2008), y también desarrollando herramientas de medición que permitan detectar pequeñas respuestas a nivel de campo (Reetz, 1996; Mallarino *et al.*, 1998).

El boro (B) es un micronutriente esencial para el desarrollo y crecimiento de la soja, cuyo requerimiento es de 25 g/ton de grano, estando fuertemente asociado a la materia orgánica de los suelos. La información sobre las respuestas

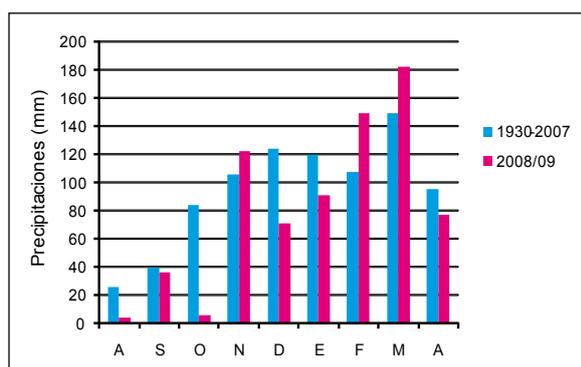


Figura 1. Precipitaciones registradas (Agosto-Abril) durante el cultivo de la soja en San Carlos, campaña 2008/09 y promedio histórico de referencia para Rafaela (1930-2007).

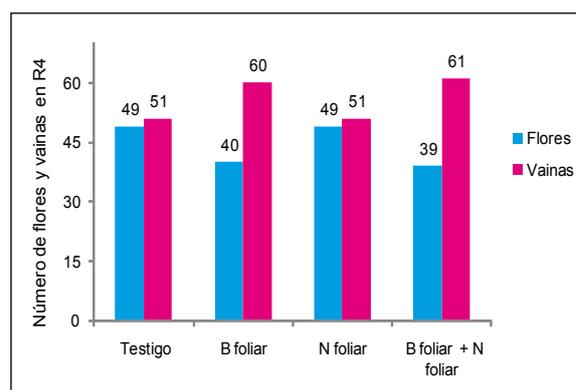


Figura 2. Porcentaje (%) de flores y vainas por planta (promedio de 10 plantas/parcela) en R4 de la soja y con los tratamientos evaluados. Campaña 2008/09.

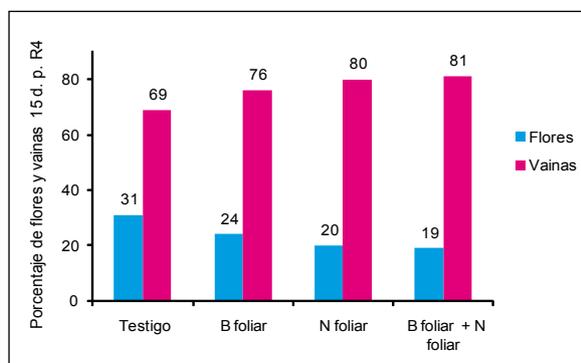


Figura 3. Porcentaje (%) de flores y vainas por planta (promedio de 10 plantas/parcela) en el momento 15 d. p. R4 de la soja y con los tratamientos evaluados. Campaña 2008/09.

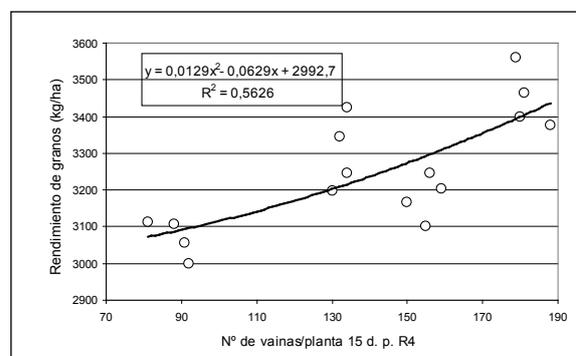


Figura 4. Relación entre el número de vainas/planta 15 días posteriores a R4 y el rendimiento de soja con los tratamientos evaluados. Campaña 2008/09.

halladas en soja son divergentes, con respuestas positivas (Olsen, 1972; Van Raij, 1991) o erráticas (Mortvedt, 1978). Una red de fertilización foliar de Agricultores Federados Argentinos (AFA) realizada con diferentes fertilizantes foliares en la campaña 2005/06 no arrojó respuestas significativa (G. Prieto, 2006; comunicación personal). Por otro lado, los resultados de la red Fertilizar-INTA no mostraron respuestas en el rendimiento de soja al agregado

de B cuando este nutriente fue aplicado al suelo. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto del B en aplicaciones foliares sólo o combinado con N sobre el rendimiento de soja.

### Materiales y métodos

Se realizó un ensayo en la zona rural de San Carlos (Santa Fe), sobre un cultivo de soja de segunda cuyo

Tabla 1. Productos y dosis ensayados. Soja campaña 2008/09.

TRATAMIENTOS	Nutrientes aplicados
1	Testigo (con suficiencia de P, S y Ca)
2	B foliar (150 g/ha) en R2-R3
3	N Foliar (1 kg N/ha) en R2-R3
4	B + N Foliar en R2-R3

Tabla 2. Características químicas del suelo a la siembra de la soja. Campaña 2008/09.

Profundidad (cm)	Materia Orgánica	Nt (%)	P (Bray I)	pH	S-SO <sub>4</sub>	N-NO <sub>3</sub>	Zn	Mn	Fe	Cu	B
	%		(ppm)		(ppm)	(ppm)	ppm	ppm	ppm	Ppm	ppm
0-20 cm	2,51	0,121	10,2	5,9	5,6	9,3	1,1	24,3	41,2	1,36	0,47
20-40 cm	1,18	0,061	7,1	6,0	3,9	4,5	-	-	-	-	-
40-60 cm	0,92	0,048	4,3	6,2	3,1	3,2	-	-	-	-	-

Tabla 3. Contenido de agua útil a la siembra de la soja. Campaña 2008/09.

Profundidad de suelo (cm)	Agua disponible (mm)	Agua acumulada (mm)
0 - 10	15,6	15,6
10 - 30	18,4	34,0
30 - 40	13,8	47,8
40 - 60	12,6	60,4
60 - 70	16,8	77,2
90 - 110	23,1	100,3
110 - 140	22,8	123,1
140 - 160	19,6	142,7

Tabla 4. Tratamientos de fertilización en soja de 2da, comparación de medias de rendimiento en Granos, de los componentes del rendimiento y calidad de granos. Campaña 2008/09.

Tratamiento	Peso mil granos (g)	Nº granos por m <sup>2</sup>	Rendimiento de granos (kg/ha)	Materia Grasa en granos (%)	Proteína en granos (%)
Testigo	134,4 a	2.284 a	3.068 a	19,0 a	37,2 a
B foliar	133,3 a	2.478 ab	3.303 bc	19,6 a	37,7 a
N Foliar	133,5 a	2.381 ab	3.179 ab	19,8 a	37,7 a
B foliar + N Foliar	134,6 a	2.564 b	3.450 c	19,9 a	37,7 a

Medias de tratamientos con la misma letra en sentido vertical, no difieren entre sí (Duncan  $P < 0,05$ )

cultivo antecesor fue trigo en la campaña agrícola 2008/09. El suelo fue un Argiudol típico y el control de malezas se realizó mediante una aplicación de glifosato (1.7 L/ha p.a.) previo a la siembra más una aplicación de glifosato (1.8 L/ha p. a) en el estadio V8. El control de plagas se efectuó con 2 aplicaciones de insecticida (0.10 L/ha) durante los estadios de V8 y R2 de la soja. La variedad de soja utilizada fue A 6411 sembrada el 17/12/2008, a 0.42 m entre surcos.

Los tratamientos de fertilización foliar evaluados se detallan en la Tabla 1. Los variantes de fertilización en estudio conformaron 4 tratamientos que se dispusieron en parcelas de 2.52 m de ancho por 10 m de largo, dispuestas en bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Los fertilizantes sólidos (yeso agrícola: 100 kg/ha (18.5% S); superfosfato triple de calcio: 150 kg/ha (20% P) y Calcita: 400 kg/ha (32% CaO) se incorporaron al costado y por debajo de la línea de siembra y los fertilizantes foliares (N Foliar como Foliar Sol-U, 20% N, y B foliar como Solubor, 15% B) se aplicaron con mochila de motor con un volumen de agua de 150 L/ha en el momento fenológico R2-R3. La cosecha del ensayo se realizó el 2/05/2009 con una cosechadora de parcelas sobre los 3 surcos centrales de cada parcela y sobre una superficie de cosecha de 12.6 m<sup>2</sup> (3 surcos apareados de 10 m de largo c/u y a 0.42 m entre surcos). El rendimiento en granos y sus componentes fueron analizados mediante un análisis de variancia y las diferencias entre medias de cada factor mediante la prueba de Duncan ( $P < 0.05$ ).

## Resultados y discusión

El análisis químico inicial del suelo detallado en la Tabla 2 muestra un contenido medio de MO y Nt y bajo de S-SO<sub>4</sub>, N-NO<sub>3</sub> y P extractable. Respecto a los micronutrientes, se pueden mencionar valores suficientes para el Mn, el Fe y el Cu y ligeramente deficientes para el Zn y el B (Martens y Westermann,

1991). En la Tabla 3 se muestran los altos contenidos de agua útil a la siembra, detallados por horizontes y la suma total hasta 1.6 m de profundidad. Las precipitaciones fueron inferiores a la media histórica durante diciembre y enero y superiores a la misma durante el período crítico de la soja (Fig. 1).

Los productos B foliar y B foliar + N foliar produjeron mayores rendimientos que el Testigo y el N foliar, quienes no difirieron entre sí (Tabla 4). El tratamiento que provocó la mayor producción fue el de B foliar + N foliar. El tratamiento de N foliar, a pesar de no ser estadísticamente diferente del Testigo, produjo un incremento en la producción de granos de 209 kg/ha. Se registraron efectos positivos del B, del N y de su combinación sobre el número de vainas formadas 15 días post-R4 (d. p. R4) (Tabla 5). En R1 no se registró diferencia en la cantidad de flores/planta ya que hasta ese momento no se habían aplicado los productos y se lo presenta como referencia inicial del ensayo. En el estadio R4 no se detectaron diferencias entre los tratamientos ensayados sobre el número de flores por planta, pero sí se registraron más vainas en las plantas que habían recibido las pulverizaciones con B. En la evaluación realizada 15 d. p. R4, no se registraron diferencias en el número de flores, pero sí en el número de vainas de todos los tratamientos pulverizados con B, con N y con su combinación. Los mayores registros se obtuvieron con los tratamientos de N + B, N y B (Tabla 5).

En el estadio R4 se registraron mayores porcentajes de vainas (relación número de vainas/número de flores) en las plantas de los tratamientos pulverizados con B (Fig. 2), mientras que en el momento de 15 d. p. R4 se verificaron mayores porcentajes de vainas en todos los tratamientos respecto del Testigo, quien a su vez en ese momento registró un mayor porcentaje de flores que el resto de los tratamientos (Fig. 3). Esto indicaría un menor porcentaje de frutos cuajados para el tratamiento Testigo.

La relación entre el número de vainas 15 d. p. a R4 con el rendimiento de soja fue positiva y demuestra

Tabla 5. Número de flores y/o vainas por planta (promedio de 10 plantas/parcela) en tres momentos del ciclo de la soja para los tratamientos evaluados. Campaña 2008/09.

Tratamiento	R1	R4			15 días posteriores a R4 (15 d. p. R4)		
	Flores	Flores	Vainas	Total	Flores	Vainas	Total
Testigo	3,	77 a	80 a	157 a	39 a	88 a	127 a
B foliar	3,6	76 a	116 b	192 b	42 a	133 b	175 b
N Foliar	3,5	76 a	77 a	153 a	42 a	143 c	185 b
B foliar + N Foliar	3,5	77 a	112 b	189 b	43 a	182 d	226 c

Medias de tratamientos con la misma letra en sentido vertical no difieren entre sí (Duncan  $P \leq 0,05$ ).

el efecto del mayor número de vainas/planta logrado con la aplicación de B o su combinación con N sobre la producción del cultivo (Fig. 4).

## Conclusiones

- Las aplicaciones foliares de B solo o combinado con N incrementaron el rendimiento de soja y el número de vainas cuajadas.
- La relación del número de vainas cuajadas con el rendimiento de soja fue positiva.
- El uso de B solo o combinado con N se presenta como promisorio para incrementar los rendimientos de soja.

## Bibliografía

**Ferraris G. y L. Couretot.** 2007. Respuesta del maíz a la fertilización complementaria por vía foliar. Campaña 2006/07. *En: Experiencias en Fertilización y Protección del cultivo de Maíz. Año 2007. Proyecto Regional Agrícola, CERBAN, EEA Pergamino y General Villegas: 116-122.*

**Ferraris G. y L. Couretot.** 2008. Fertilización foliar complementaria en Soja. Resultados de dos años de experiencias. *En: Experiencias en Soja 2008. Proyecto Regional Agrícola. Area de Desarrollo Rural EEA Pergamino y General Villegas (en prensa).*

**Mallarino A.P., D.J. Wittry., D. Dousa y P.N. Hinz.** 1998. Variable rate phosphorus fertilization: On-farm research methods and evaluation for corn and soybean. *En P.C. Robert et al. (ed.) Proc. Int. Conf. Precision Agric., 4th, Minneapolis, MN. 19-22 July 1998. ASA, CSSA, SSSA, Madison, WI.*

**Martens D. & D. Westermann.** 1991. Fertilizer Applications for Correcting Micronutrient Deficiencies. Micronutrients in agriculture. Disponible en <http://eprints.nwisrl.ars.usda.gov/>.

**Mortvedt J.J.** 1978. Micronutrient soil test correlation and interpretations. Pp. 99-117. *En: Soil testing: Correlating and interpreting the analytical results. Spec. Pub. 29. American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, and Soil Science Society of America, Madison, WI.*

**Olsen S.R.** 1972. Micronutrient interactions. *En: Micronutrients in Agriculture. Madison, Soil Science Society of America, 1972. P. 243-264.*

**Reetz H.F.** 1996. On-farm research opportunities through site-specific management. p. 1173-1176. *En: P.C. Robert et al. (ed.) Proc. Int. Conf. Precision Agric., 3rd, Minneapolis, MN. 23-26 June 1996.*

**Van Raij B.** 1991. Macronutrientes Secundarios. *En: Fertilidade do solo e adubação, Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato. P. 219-240.*

**Yuncaí HU., Z. Burucs & U. Schmidhalter.** 2008. Effect of foliar fertilization application on the growth and mineral nutrient content of maize seedlings under drought and salinity. *Soil Sci. & Plant Nutr. 54:133-141.* ■



Parcelas de soja con aplicación de B y N foliar (izquierda) y testigo (derecha).

## LA GLOMALINA Y SU RELACIÓN CON LA PRODUCTIVIDAD DEL CULTIVO DE MAÍZ

B. Grümberg<sup>(1)</sup>; C. Conforto<sup>(1)</sup>; A. Rovea<sup>(2)</sup>; M. Boxler<sup>(2)</sup>; G. March<sup>(1)</sup>; C. Luna<sup>(1)</sup>; J. Meriles<sup>(3)</sup> & S. Vargas Gil<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> INTA-IFFIVE, Camino 60 Cuadras km. 5,5 Córdoba C.P. 5119

betigrum@hotmail.com, econforto@yahoo.com.ar, gmarch@iffive.inta.gov.ar, cluna@iffive.inta.gov.ar, svargasil@iffive.inta.gov.ar

<sup>(2)</sup> CREA Región Sur de Santa Fe - Ruta 33 Km 636 C.P. 2600 Venado Tuerto.

arovea@cresud.com.ar, miguelboxler@arnet.com.ar

<sup>(3)</sup> Universidad Nacional de Córdoba, Instituto Multidisciplinario de Biología Vegetal (IMBIV. CONICET),

jmeriles@efn.uncor.edu

Presentado al XXII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo – AACs – Rosario 31 de Mayo al 4 de Junio de 2010

### Introducción

La evaluación de la productividad del suelo y del aumento o mantenimiento de su calidad son necesarios para definir la sustentabilidad de las prácticas agrícolas. Una manera de cuantificar el efecto del manejo sobre la salud del suelo se basa en analizar sus parámetros químicos, físicos y biológicos (Vargas Gil *et al.*, 2009). Dentro de los indicadores biológicos más eficientes se encuentran los hongos micorrícicos arbusculares (HMA), que están relacionados con la nutrición de la planta y su sanidad, y la estructura del suelo en el que se desarrollan los cultivos. Esto se debe a que los HMA se establecen en simbiosis en el sistema radical de las plantas, produciéndose un intercambio de solutos y agua. Las plantas se benefician ya que incrementan su nivel nutricional debido a que las hifas tienen una capacidad exploratoria del suelo hasta 100 veces mayor que la de las raíces, mientras que los HMA reciben sustratos carbonados a cambio (Mosse & Phillips, 1971). Estos HMA producen glomalina, una glicoproteína que protege a las hifas durante el transporte de nutrientes desde la planta hasta el extremo de la hifa, y desde el suelo hasta la planta. Una vez que las hifas dejan de transportar nutrientes y senescen, la glomalina contenida en sus células se libera y se acumula en el suelo, representando el 5% del contenido de carbono (C) y nitrógeno (N) edáfico (Treseder & Turner, 2006). Allí esta glicoproteína actúa como un aglutinante de minerales y materia orgánica, por lo que está en directa relación con la estabilidad de agregados y la estructura del suelo. Es decir que la cuantificación de glomalina de un agroecosistema tiene varias implicancias, ya que su abundancia estaría reflejando buenas posibilidades nutricionales para la planta debido a: i) el incremento del volumen radicular, sobre todo en lo relacionado a la absorción de P, ii) la mejor agregación del suelo e infiltración de agua, y iii) la mayor

permeabilidad al aire, actividad microbiana general y resistencia a la erosión del suelo, entre otros procesos.

El objetivo de este trabajo fue cuantificar el contenido de glomalina del suelo para evaluar el efecto de la fertilización inorgánica, y analizar su relación con parámetros químicos del suelo y el rendimiento de maíz.

### Materiales y Métodos

Para cuantificar el efecto de la fertilización inorgánica sobre el contenido de glomalina del suelo, y poder establecer correlaciones con parámetros químicos y físicos, se tomaron muestras de suelo de un ensayo que forma parte de la Red de Nutrición de la Región CREA Sur de Santa Fe (CREA-IPNI-ASP), ubicado en la localidad de Teodelina, provincia de Santa Fe. En ese ensayo se aplican N, P, S, K y micronutrientes, desde 2000 en una rotación maíz-trigo/soja, en las siguientes combinaciones: PS, NS, NP, NPS, NPSK+Micronutrientes (Tabla 1), y Testigo (sin adición de fertilizante), con 3 repeticiones siguiendo un diseño en bloques



Vista del ensayo de maíz de la Red de Nutrición CREA Sur de Santa Fe en Teodelina (Santa Fe), Campaña 2006/07

completos al azar. Hacia el final del ciclo del cultivo se tomaron muestras de suelo provenientes de los 5 primeros cm. De cada parcela se extrajeron seis muestras de suelo compuestas, siguiendo un diseño en V. Los muestreos se efectuaron 15-20 días antes de la cosecha del cultivo. Las muestras fueron secadas y tamizadas, para determinar el contenido de C total (Black, 1965), N total por micro-Kjeldhal (Bremner, 1996), P extractable (Bray & Kurtz, 1945) y azufre (Fontanive *et al.*, 2004). La cuantificación de glomalina fácilmente extractable se realizó según Wright & Upadhyaya (1996).

## Resultados y Discusión

Los datos encontrados presentaron una correlación positiva y significativa entre los valores de glomalina y el contenido de C total ( $r=0,30$ ), N total ( $r=0.27$ ), y S inorgánico ( $r=0.23$ ) en el suelo, y no hubo correlación con el contenido de P (Tabla 2). También se encontró una correlación positiva y significativa entre la abundancia de glomalina y el rendimiento del cultivo de maíz ( $r=0.43$ ), registrándose el mayor rendimiento en el tratamiento NPSKMicro ( $11807 \text{ kg ha}^{-1}$ ) (datos no mostrados).

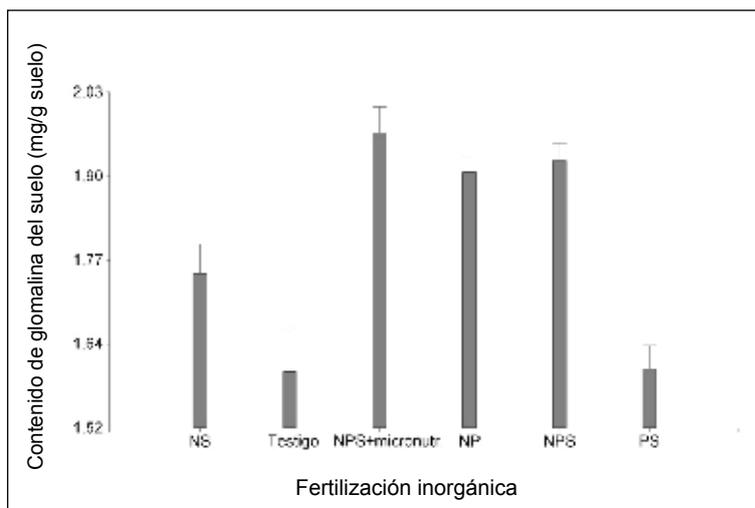


Figura 1. Efecto de la fertilización inorgánica sobre el contenido de glomalina del suelo, cuantificado a partir de un ensayo ubicado en la localidad de Teodelina (Santa Fe), Red de Nutrición Región CREA Sur de Santa Fe.

Fue notable el efecto de la fertilización sobre el contenido de glomalina del suelo, siendo mayor en los tratamientos NPSKMicro, NPS y NP, con  $1.97$ ;  $1.92$  y  $1.91 \text{ mg de proteína g}^{-1}$  suelo, respectivamente, sin diferencias significativas entre estos tratamientos. El contenido más bajo se registró en PS y Testigo con  $1.61$  y  $1.60 \text{ mg de proteína g}^{-1}$  suelo, respectivamente, sin diferencia significativa entre ambos tratamientos (Figura 1). Además, el rendimiento del cultivo de maíz mostró similar tendencia que el contenido de glomalina del suelo (datos no mostrados), siendo 156% mayor en el tratamiento NPSKMicro en relación al Testigo.

Según varios autores, la fertilización puede afectar las poblaciones, composición y funciones de los microorganismos del suelo (Marschner *et al.*,

Tabla 1. Dosis de fertilizantes agregados en los tratamientos de fertilización en maíz en la campaña 2008-09. Teodelina (Santa Fe), Red de Nutrición CREA Sur de Santa Fe (CREA-IPNI-ASP).

Tratamiento	Testigo	PS ( $\text{kg ha}^{-1}$ )	NS ( $\text{kg ha}^{-1}$ )	NP ( $\text{kg ha}^{-1}$ )	NPS ( $\text{kg ha}^{-1}$ )	NPSKMicro ( $\text{kg ha}^{-1}$ )
N	-	18	160	160	160	160
P	-	35	-	35	35	35
S	-	17	17	-	17	17
K	-	-	-	-	-	14
Mg	-	-	-	-	-	8
B	-	-	-	-	-	1
Zn	-	-	-	-	-	2
Cu	-	-	-	-	-	2

Tabla 2. Análisis de correlación entre el contenido de glomalina del suelo y el rendimiento del cultivo de maíz, y parámetros químicos del suelo como resultado de la fertilización inorgánica (P, N, S y micronutrientes).

	Coeficientes de correlación de Pearson (r)				
	Rendimiento	C total	N total	P extractable	S inorgánico
Glomalina	0.43*	0.30*	0.27*	0.21	0.23*

\* Significativo con  $P \leq 0.05$

2003; Vargas Gil *et al.*, 2009). Dentro de estos grupos están los HMA en directa relación con el aspecto nutricional de la planta, siendo un indicador de su presencia, el contenido de glomalina del suelo. Hay varios aspectos que determinan la producción de glomalina por el hongo, como el volumen radicular, la presencia de plantas hospedantes, y el balance de nutrientes en el tejido vegetal, debido a la alteración en la disponibilidad de fotosintatos para el HMA (Nichols & Wright, 2005). Estas características de la planta son además influenciadas por la disponibilidad de nutrientes inorgánicos y agua en el suelo. Por otra parte, también la descomposición de la glomalina puede ser alterada por características del suelo como la disponibilidad de nutrientes, que influirá sobre la actividad microbiana (Nichols & Wright, 2005). Debe tenerse en cuenta que las plantas translocan más C y N a sus HMA simbioses cuando el crecimiento está restringido por la falta de nutrientes (Treseder, 2004), es decir que una fertilización con N y P reduciría el crecimiento del HMA debido a que no habría limitantes nutricionales. Sin embargo, en este trabajo la adición de N y P en forma conjunta registró el mayor contenido de glomalina. Si bien estos resultados son diferentes a los encontrados por la mayoría de los investigadores, coinciden con información presentada por algunos autores que afirman que en suelos fertilizados la cantidad de glomalina suele ser alta ya que la descomposición de la hifas, con su consiguiente liberación, es más rápida que en suelos no fertilizados (Lovelock *et al.*, 2004). Además, otros autores también encontraron correlación positiva entre el contenido de glomalina y N total en el suelo (Knorr *et al.*, 2003), y Nichols & Wright (2005) no encontraron correlación entre el contenido de P y glomalina, similar a nuestro trabajo. Los efectos de la adición de nutrientes al suelo son variables en cuanto a la producción y descomposición de glomalina, lo que puede prestarse a controversia entre investigaciones, como señalan Nichols & Wright (2005). La cuantificación de glomalina a partir de suelo es una herramienta promisorio como "biomarcador" para cuantificar el efecto de determinadas prácticas agrícolas, como en este caso la fertilización inorgánica. Como pudo comprobarse en este trabajo, los HMA juegan un rol fundamental en la nutrición mineral de las plantas, en la adquisición de elementos esenciales, fundamentalmente los de lenta movilidad, tales como P, K, Cu y Zn (Marschner, 1995). Dado que nuestros resultados muestran diferencias a los encontrados por otros autores, es conveniente continuar con este tipo de estudios para poder entender mejor la dinámica de la glomalina en el suelo.

## Conclusión

La glomalina es un buen bioindicador del efecto que produce la fertilización inorgánica sobre los HMA, microorganismos que están íntimamente relacionados con el nivel nutricional de las plantas. Mientras mas completa sea la fertilización, como en el caso del tratamiento NPS+ micronutrientes de este trabajo, mas eficiente es su respuesta en cuanto al mayor contenido de glomalina en el suelo, mas abundancia de HMA y consecuentemente mayor rendimiento del cultivo de maíz.

*Financiamiento: Convenio de Vinculación Tecnológica INTA-CREA Sur de Santa Fe.*

## Bibliografía

- Black C.A.** 1965. Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties. American Society of Agronomy, Inc., Publisher Madison, Wisconsin, pp. 770.
- Bremner J.M.** 1996. Nitrogen-total. In: Methods of soil analysis, Part 3, Chemical methods. Sparks, DL (ed.). Soil Sci Soc America. Book series N° 5, pp. 1085-1128.
- Bray R.H. & L.T. Kurtz.** 1945. Determination of total organic and available forms of Phosphorus in soils. *Soil Science* 59: 39-45.
- Fontanive A., H. Jiménez., A. De la Horra., D. Efron y L. Defrieri.** 2004. Determinación de azufre inorgánico en suelos. Método turbidimétrico. In: Sistemas de apoyo metodológico para Laboratorio de Análisis de suelo, agua, vegetales y enmiendas orgánicas. SAGPyA. ISBN 987-9184-40-8
- Knorr M.A., R.E.J. Boerner & M.C. Rillig.** 2003. Glomalin content of forest soils in relation to fire frequency and landscape position. *Mycorrhiza* 13:205-210.
- Lovelock C.E., S.F. Wright & K.A. Nichols.** 2004. Using glomalin as an indicator for arbuscular mycorrhizal hyphal growth: An example from a tropical rain forest soil. *Soil Biol. Biochem.* 36:1009-1012.
- Marschner H.** 1995. Mineral nutrition of higher plants, 2nd edition, Academic Press, London, 889 pp.
- Marschner P., E. Kandeler & B. Marschner.** 2003. Structure and function of the soil microbial community in a long-term fertilizer experiment. *Soil Biol. Biochem.* 35: 453-461.
- Mosse B. & J.M. Phillips.** 1971. The influence of phosphate and other nutrients on the development of vesicular-arbuscular mycorrhiza in culture. *J. Gen. Microbiol.* 1971: 157-166.
- Nichols K.A. & S.F. Wright.** 2005. Comparison of glomalin and humic acid in eight native US soils. *Soil Sci.* 170: 985-997.
- Treseder K.K.** 2004. A meta-analysis of mycorrhizal responses to nitrogen, phosphorus, and atmospheric CO<sub>2</sub> in field studies. *New Phytol.* 164:347-355.
- Treseder K.K. & K.M. Turner.** 2006. Glomalin in ecosystems. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 71:1257-1266.
- Vargas Gil S., A. Becker., C. Oddino., M. Zuza., A. Marinelli & G. March.** 2009. Soil biological, chemical and physical responses to the impact of tillage intensity, fertilization, and cattle grazing in a long-term field trial. *Environ. Management* 44: 378-376.
- Wright S.F. & A. Upadhyaya.** 1996. Extraction of an abundant and unusual protein from soil and comparison with hyphal protein of arbuscular mycorrhizal fungi. *Soil Science* 161: 575-586. ■

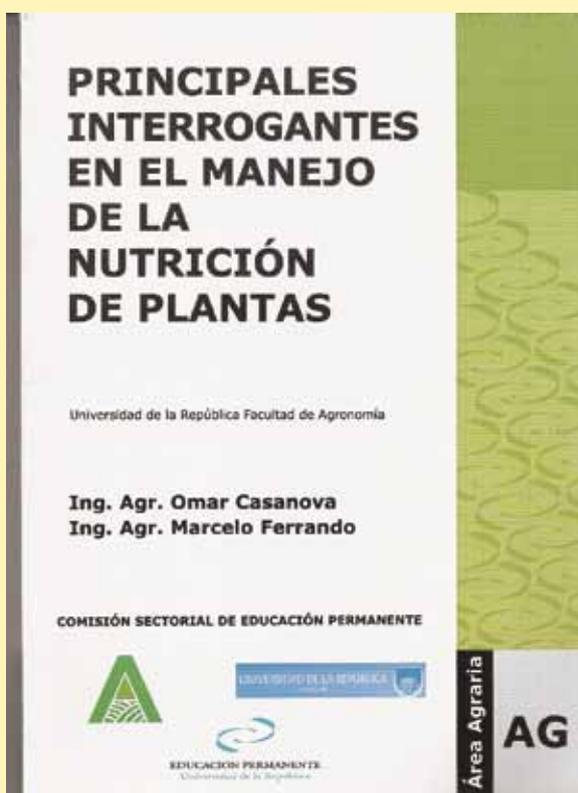
**CONGRESOS, CURSOS Y SIMPOSIOS**

Esta sección presenta eventos futuros en el ámbito regional e internacional que pueden ser de interés de los lectores

1

**1º Congreso Internacional de Hidrología de Llanuras. "Hacia la gestión integral de los recursos hídricos en zonas de llanura"**Lugar y fecha: Azul, Buenos Aires, Argentina. 21-24 Septiembre 2010  
Información: <http://www.ihlla.org.ar/cihl2010/>**Reunión Anual de ASA-CSSA-SSSA**Lugar y fecha: Long Beach, EE.UU. 31 Octubre-4 Noviembre 2010.  
Información: <https://www.acsmeetings.org/>**ISCO Chile 2010 - Conservación de Suelos y Aguas para la Seguridad Alimentaria**Lugar y fecha: Santiago, Chile. 8-12 Noviembre 2010.  
Información: <http://www.isochile2010.cl/>**IX Congreso Argentino de Maíz / Primer Simposio Nacional de Sorgo**Lugar y fecha: Rosario, Argentina. 17-19 Noviembre 2010.  
Información: <http://www.congresodemaiz.com.ar/>**IX Congreso Internacional de Pastizales - IRC2011**Lugar y fecha: Rosario, Argentina. 2-8 Abril 2011.  
Información: [www.irc2011.com.ar](http://www.irc2011.com.ar)**XIX Congreso Latinoamericano y XXIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo**Lugar y fecha: Mar del Plata, Argentina. Abril 2012.  
Información: [www.suelos.org.ar](http://www.suelos.org.ar) - <http://www.slcs.org.mx/>**NUEVA PUBLICACIÓN DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA  
DE LA UNIVERSIDAD DE LA REPUBLICA (URUGUAY)****PRINCIPALES INTERROGANTES EN EL MANEJO  
DE LA NUTRICIÓN DE PLANTAS**

Autores:

*Omar Casanova y Marcelo Ferrando*

"... un primer aporte a través de un libro de interrogantes y respuestas de los temas más sentidos por los profesionales que trabajan en el medio..."

"... material de consulta para estudiantes, maestros, profesores, productores, técnicos del agro y público en general..."

EDITORIAL HEMISFERIO SUR

210 PÁGINAS

ISBN 978-9974-0-0606-5

PRECIO: U\$ 15.

MÁS INFORMACIÓN EN  
[WWW.HEMISFERIOSUR.COM](http://WWW.HEMISFERIOSUR.COM)  
[EDITORIAL@HEMISFERIOSUR.COM](mailto:EDITORIAL@HEMISFERIOSUR.COM)  
[INFORME@HEMISFERIOSUR.COM.AR](mailto:INFORME@HEMISFERIOSUR.COM.AR)

## PUBLICACIONES DE IPNI

Las siguientes publicaciones se encuentran disponibles con un costo nominal



Título de la Publicación (Vea el catálogo completo de publicaciones de IPNI en <a href="http://www.ipni.net/lasc">www.ipni.net/lasc</a> )	Costo US\$	Costo \$ arg.
<b>Manual de manejo del cultivo de soja.</b> Aborda temáticas de fenología, manejo, nutrición y fertilidad, malezas, enfermedades y plagas del cultivo.	16	60
<b>Simposio Fertilidad 2009.</b> Actas del Simposio organizado por IPNI y Fertilizar en Rosario en Mayo de 2009.	16	60
<b>Simposio Fertilidad 2007.</b> Actas del Simposio organizado por IPNI y Fertilizar en Rosario en Mayo de 2007.	8	30
<b>La Red de Nutrición de la Región CREA Sur de Santa Fe: Resultados y conclusiones de los primeros seis años 2000-2005.</b> Resumen y discusión de los principales resultados obtenidos en la Red de Nutrición de la Región CREA Sur de Santa Fe (Argentina).	3	10
<b>Cómo se desarrolla una planta de soja.</b> Edición en español de la guía fenológica y de manejo publicada por Iowa State University.	4	15
<b>Cómo se desarrolla una planta de maíz.</b> Edición en español de la guía fenológica y de manejo publicada por Iowa State University.	4	15
<b>Síntomas de deficiencias nutricionales de trigo, maíz y soja.</b> Set de tres posters que muestran y describen los síntomas de deficiencia de nutrientes en los tres cultivos.	4	15
<b>Simposio Fertilidad 2005.</b> Nutrición, Producción y Ambiente. Actas del Simposio organizado por IPNI y Fertilizar en Rosario en Abril de 2005.	4	15
<b>Simposio Fertilidad 2004.</b> Fertilidad de Suelos para una Agricultura Sustentable. Actas del Simposio organizado por IPNI y Fertilizar en Rosario en Abril de 2004.	4	15
Simposio El Fósforo en la Agricultura Argentina. Actas del Simposio efectuado en Rosario en Mayo de 2003 (98 pág.)	4	15
Fertilidad 2002. Trabajos presentados en la Cuarta Jornada de Actualización Técnica para Profesionales realizada en Rosario (Argentina) en Mayo de 2002.	2	7.5
Fertilidad 2001. Trabajos presentados en la Tercera Jornada de Actualización Técnica para Profesionales realizada en Julio de 2001.	2	7.5
Fertilidad 2000. Trabajos presentados en la Jornada de Actualización Técnica para Profesionales realizada en Abril de 2000.	2	7.5
Fertilización del Algodón para Rendimientos Altos. Cubre en forma detallada los requerimientos nutricionales, análisis foliar y de suelos y fertilización del cultivo.	5	18
Balance para el éxito. Trifolios con información de manejo nutricional de cultivos. Disponibles: Alfalfa, Trigo, Maíz, Soja, Sorgo granífero, Algodón.	0.50 c/u	2 c/u

Vea el catálogo completo de publicaciones de IPNI en [www.ipni.net/lasc](http://www.ipni.net/lasc)

### Formas de pago de publicaciones

#### Argentina

- Giro Postal o Telefónico, a través de Correo Argentino o Envío de dinero a través de Western Union.

Los datos para realizar su envío son los siguientes:

DESTINATARIO: Sra. Laura Nélica Pisauri - DNI: 17.278.707

DIRECCION: Av. Santa Fe 910 (B1641ABO) Acassuso – Buenos Aires – Argentina

AGENCIA DE CORREOS DE DESTINO: Sucursal Acassuso, Buenos Aires, Argentina.

- Depósito Bancario en Banco Galicia, Cta.Cte. N° 3856/4 053/5 Sucursal Olivos a nombre de INTERNATIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE.

- Transferencia Bancaria a INTERNATIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE, Banco Galicia, Suc. Olivos, Cta.Cte. N° 3856/4 053/5, CBU 0070053520000003856451 CUIT 30-70175611-4. Solicitamos nos haga saber por teléfono, fax o e-mail, la opción elegida y nos envíe los datos para acreditar su pago (No. de giro y fecha, o datos de depósito o transferencia bancaria).

#### Otros Países

Envío de dinero a través de Western Union, según instrucciones para el envío indicadas más arriba.

#### Para adquirir las publicaciones de IPNI Cono Sur:

1. Además del costo de la/s publicaciones, deberá tener en cuenta los gastos de envío, que son variables de acuerdo al peso en gramos (g): hasta 100 g (equivale a 1 publicación) \$10; entre 100 - 500 g (equivalen a 3/5 publicaciones) \$35; entre 500 - 1000 g \$50 y de 1000-2000 g \$60
2. Deberá enviarnos el comprobante de pago a nuestra oficina de IPNI Cono Sur por Fax: 011-4798-9939 o por mail a [Lpisauri@ipni.net](mailto:Lpisauri@ipni.net)
3. Indicar si solicita Factura A ó B, a nombre de quien extenderla, dirección completa y CUIT.

Ante cualquier consulta enviar mail a: [Lpisauri@ipni.net](mailto:Lpisauri@ipni.net) o llamar al (54 - 011) 4798 9939/9988



Nueva publicación de IPNI Cono Sur

## Manual del Cultivo de Soja

- Como crece y se desarrolla el cultivo
- Manejo del cultivo
- La Nutrición del cultivo
- Identificación y manejo de las malezas
- Identificación y manejo de las enfermedades
- Reconocimiento y manejo práctico de plagas

Costo de la publicación: \$60 (sesenta pesos) Costo de envío: \$30 (treinta pesos)  
Para mayor información, comuníquese al 011-4798-9939/9988  
o visite nuestra página de internet:

[www.ipni.net/lasc](http://www.ipni.net/lasc)



## XVI ISCO 2010 – CHILE

“Conservación de Suelos y Aguas para la Seguridad Alimentaria”

Santiago, Chile. 8-12 de Noviembre de 2010

Mayor información: [www.iscochile2010.cl](http://www.iscochile2010.cl)

## Prospectiva Zea mays

*Maíz, en el eje de los nuevos escenarios*



IX Congreso  
Nacional de  
**Maíz**  
SIMPOSIO NACIONAL  
DE SORGO  
Rosario 2010

17 al 19 de noviembre de 2010 | Centro de Convenciones de la Bolsa de Comercio

## IX Congreso Argentino de Maíz - Primer Simposio Nacional de Sorgo

Rosario, Argentina. 17-19 de Noviembre de 2010.

Mayor información: <http://www.congresodemaiz.com.ar/>