



**IPNI**  
INTERNATIONAL  
PLANT NUTRITION  
INSTITUTE

INSTITUTO INTERNACIONAL  
DE NUTRICIÓN DE PLANTAS

WWW.IPNI.NET



SEPTIEMBRE  
2009

## CONTENIDO

- ✦ FERTILIZACIÓN NITROGENADA Y AZUFRADE DE MAÍZ
- ✦ ADITIVIDAD EN LA RESPUESTA A LA FERTILIZACIÓN
- ✦ RESPUESTA DE MAÍZ AL NITRÓGENO CON VARIABLES SITIO-ESPECÍFICAS
- ✦ NIVELES CRÍTICOS DE P Y S PARA SOJA EN EL SUR DE CÓRDOBA
- ✦ PÉRDIDAS POR VOLATIZACIÓN DE N Y RENDIMIENTO EN MAÍZ
- ✦ INCORPORACIÓN DE RESIDUOS DE COSECHA EN SIEMBRA DIRECTA

## RESPUESTA FÍSICA Y ECONÓMICA DE MAÍZ A LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA Y AZUFRADE EN BALCARCE Y 9 DE JULIO (BUENOS AIRES)

Agustín Pagani, Hernán E. Echeverría y Hernán R. Sainz Rozas  
Unidad Integrada INTA-FCA Balcarce  
[paganiagustin@hotmail.com](mailto:paganiagustin@hotmail.com)

### Introducción

La inclusión del maíz como integrante de la rotación presenta gran relevancia debido fundamentalmente a su abundante aporte de rastrojos, que contribuyen a una mayor cobertura del suelo, permiten gran incorporación de carbono y, por ende, mejoran los niveles de materia orgánica. Sin embargo, los efectos de la inclusión del maíz en la rotación dependen del nivel de rendimiento logrado. El nitrógeno (N) es un gran determinante del rendimiento del cultivo en la Región Pampeana (Andrade et al., 2002). Por otro lado, la respuesta azufre (S) se presenta en lotes con bajos contenidos de MO, reducida estabilidad estructural, prolongada historia agrícola, indicios de erosión en el suelo y escasa o nula historia de fertilización azufrada (Ferraris et al., 2004). Además, bajo sistemas de labranza conservacionista como la siembra directa (SD), se ha mencionado que la disponibilidad de nutrientes disminuye con respecto al sistema de labranza convencional (LC) (Echeverría y Sainz Rozas, 2001). Numerosos trabajos han reportado deficiencias de S en el cultivo de maíz en la Región Pampeana norte y noreste (Martínez y

Cordone, 2000; Ferraris y Couretot, 2006), pero es escasa la información al respecto en el SE bonaerense (Echeverría, 2002).

La eficiencia en el uso de nutrientes es un aspecto fundamental a tener en cuenta desde la perspectiva económica como ambiental (Snyder y Bruulsema,



Vista general del ensayo de fertilización NS de maíz en 9 de Julio



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: 782346

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:

Respuesta física y económica de maíz a la fertilización nitrogenada y azufrada en Balcarce y 9 de Julio (Bs. As.)	1
Aditividad en la respuesta de los cultivos extensivos a la fertilización con distintos nutrientes en la Región Pampeana	8
Modelo regional de respuesta de maíz al nitrógeno con variables sitio-específicas en ambientes semiáridos	12
Nivel crítico de fósforo y azufre en suelos del sur de Córdoba para el cultivo de soja	16
Pérdidas de nitrógeno por volatilización y su implicancia en el rendimiento del cultivo de maíz: Efectos de fuente, dosis y uso de inhibidores	19
Caracterización de la dinámica de incorporación de residuos de cosecha al suelo en un sistema agrícola en siembra directa en el centro-oeste de Buenos Aires	22
Publicaciones y Congresos	27

2007). Para el N, se han determinado eficiencias de uso del fertilizante nitrogenado (EUFN) que varían desde 4 a 54 kg de grano kg de N aplicado<sup>-1</sup> según dosis, nivel inicial de N, condiciones ambientales, tecnología de aplicación, etc. (Sainz Rozas et al., 2004). En cuanto a S, la información disponible es menor; no obstante, se han determinado eficiencias de uso del fertilizante azufrado (EUFS) de 43 a 135 kg de grano kg de S aplicado<sup>-1</sup> (Ventimiglia et al., 2001). Sin embargo, es escasa la información disponible de cómo la aplicación de un nutriente modifica la eficiencia de uso del otro. Considerando que tanto N como S se encuentran involucrados en la síntesis de proteínas, algunos trabajos señalan que la falta de S reduciría la EUFN en los cultivos (Ceccoti, 1996). Probablemente la adición de S mejore la EUFN y viceversa.

El objetivo de este trabajo fue evaluar 1) el efecto de la aplicación de N y S sobre el rendimiento y la eficiencia en el uso de estos nutrientes y 2) la conveniencia económica de la fertilización en ambientes agrícolas relevantes y contrastantes de la provincia de Buenos Aires, como Balcarce y 9 de Julio.

## Materiales y métodos

Se realizaron experimentos en las localidades de Balcarce y 9 de Julio en la provincia de Buenos Aires 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

que el anterior, 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 suelos de los sitios experimentales fueron; Argiudol típico para Bce I y Bce II, Hapludol típico para 9dJ I y Hapludol éntico para 9dJ II. 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. Se realizó un balance hídrico para cada uno de los cuatro experimentos con el método utilizado por Della Maggiora et al. (2003).

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 incluyó 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); dichos 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 determinó rendimiento en

grano expresado a 14% de humedad.

Se calculó la eficiencia de uso del fertilizante nitrogenado (EUFN) como el cociente entre la diferencia de rendimiento en grano del tratamiento fertilizado con N y el testigo, y la dosis de N aplicada. La EUFN fue calculada en forma individual para los distintos niveles de S. Análogamente, se calculó la eficiencia de uso del fertilizante azufrado (EUFS). Este índice se calculó para los distintos niveles de N. Por último, se calculó el retorno neto de la fertilización con N y S (RNFN y RNFS, respectivamente) de la siguiente manera:

$$\text{RNF } (\$ \text{ ha}^{-1}) = [\text{incremento de rendimiento (kg ha}^{-1}) \times \text{precio neto grano } (\$ \text{ kg}^{-1})] - [(\text{dosis de nutriente aplicado (kg ha}^{-1}) \times \text{precio nutriente } (\$ \text{ kg}^{-1})) + \text{costo aplicación } (\$ \text{ ha}^{-1})].$$

Además, se calculó el retorno por peso invertido en fertilizante con N y S (R\$IN y R\$IS, respectivamente) como:

$$\text{R\$I } (\$) = \text{RNF} / [(\text{dosis de nutriente aplicado (kg ha}^{-1}) \times \text{precio nutriente } (\$ \text{ kg}^{-1}))].$$

Se consideraron precios promedio de los últimos 10 años para N (\$3.65 kg<sup>-1</sup>), S (\$4.29 kg<sup>-1</sup>) y grano de maíz neto (\$0.42 kg<sup>-1</sup>) según información obtenida a partir de la serie de precios de AACREA 2008. El costo de la fertilización se consideró como el equivalente a 8 kg de N.

Finalmente, se realizaron análisis de varianza utilizando el procedimiento GLM incluido en las rutinas del programa Statistical Analysis System (SAS Institute 1996).

## Resultados y discusión

### Evolución de las precipitaciones

En Bce I y 9dJ I, las precipitaciones registradas durante el ciclo del cultivo de maíz tuvieron 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 (Figura 1). 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 (Figura 1), lo que condicionó su rendimiento.

### Rendimiento en grano

No se determinó interacción N×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, los rendimientos variaron entre 8000 y 12000 kg ha<sup>-1</sup>. Se registró un efecto significativo del sistema de labranza (p<0.01), siendo mayores los rendimientos bajo LC que bajo SD (10687 y 9502

kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente) (Figura 2), resultados que coinciden con los de Echeverría y Sainz Rozas (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, se observó un incremento promedio (a través de sistemas labranza) de 400 kg ha<sup>-1</sup> por el agregado de dicho nutriente (Tabla 3).

En Bce II, las reducidas precipitaciones alrededor del período crítico (Figura 1) limitaron el rendimiento, ya que este osciló entre 8185 y 9386 kg ha<sup>-1</sup> (Figura 2). A diferencia de lo ocurrido en Bce I, 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 (Tabla 3). Las respuestas de magnitud similar a N y S se explicarían por la relativamente alta disponibilidad edáfica inicial de N (88 kg ha<sup>-1</sup> hasta 60 cm) y por la baja disponibilidad de S (31 kg ha<sup>-1</sup> hasta 60 cm) (Tabla 1).

En 9dJ I, los rendimientos variaron entre 9742 y 15399 kg ha<sup>-1</sup> (Figura 2), hallándose efecto significativo de ambos nutrientes (p<0.01). Las respuestas promediaron 2545 y 4817 kg ha<sup>-1</sup> para el agregado de 60 y 120 kg N ha<sup>-1</sup>, respectivamente (Tabla 2) y 360 y 624 kg ha<sup>-1</sup> para el agregado de 8 y 16 kg S ha<sup>-1</sup>, respectivamente (Tabla 3). 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×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 la dosis de 8 y 16 kg S ha<sup>-1</sup>, respectivamente), hecho que no ocurrió en los otros dos niveles de N. El ensayo en la localidad de 9 de julio presentó rendimientos muy superiores a los registrados en Bce I (Figura 2), lo que pudo haberse debido a diferencias entre los materiales genéticos utilizados y/o a la mayor estación de crecimiento que presenta la localidad de 9 de Julio en relación a la de Balcarce.

En 9dJ II, los rendimientos variaron entre 5501 y 10606 kg ha<sup>-1</sup> (Figura 2), hallándose efecto significativo de ambos nutrientes (p<0.01), siendo 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 (Tabla 2) 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 3). La falta de interacción N-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).

### *Eficiencia de uso del fertilizante nitrogenado (EUFN) y azufrado (EUFS)*

La EUFN fue media en Bce I (entre 12.8 y 17.8 kg de grano kg de N aplicado<sup>-1</sup>), errática y baja en Bce II (entre 2.5 y 16.1 kg de grano kg de N aplicado<sup>-1</sup>), alta y estable en 9dJ I (entre 34.9 y 45 kg de grano kg de N aplicado<sup>-1</sup>) y media-alta pero con menor estabilidad en 9dJ II (entre 18.1 y 34.5 kg de grano kg de N aplicado<sup>-1</sup>) (Tabla 2). Probablemente, la escasa cantidad de precipitaciones que tuvieron lugar durante el período crítico del cultivo en Bce II, sumado a la relativamente alta disponibilidad de N inicial en el suelo (88 kg ha<sup>-1</sup>), hayan condicionado la respuesta del maíz a la aplicación de N. Por otro lado, las elevadas EUFN determinadas en 9dJ I son consecuencia de las altas respuestas a la fertilización, producto de buenas condiciones hídricas y de una menor disponibilidad de N inicial (52 kg ha<sup>-1</sup>). Barbieri et al. (2003) encontraron EUFN para el cultivo de maíz en Balcarce que variaron entre 30 y 49 kg de grano kg de N aplicado<sup>-1</sup> para la aplicación de 70 kg de N ha<sup>-1</sup>. Dichos resultados fueron determinados ante una baja disponibilidad de N inicial (43 y 56 kg ha<sup>-1</sup>) y adecuadas condiciones de crecimiento, lo que permitió elevadas respuestas a la fertilización, al igual que lo ocurrido en 9dJ I.

Contrariamente a lo esperado, en ninguno de los cuatro experimentos se registraron reducciones significativas en la EUFN con el incremento de la dosis de N aplicada ( $p > 0.3$ ), resultados que no coinciden con los de Blanco Fernández et al. (1998) quienes reportaron disminuciones en la EUFN del maíz, a medida que la oferta de este nutriente se incrementaba. Por otro lado, el agregado de S en general no mejoró significativamente la EUFN ( $p > 0.2$ ). Sólo en 9dJ I, donde se evidenciaron indicios de interacción, se presentó una tendencia de mejora en la EUFN debida a la aplicación de S pero únicamente en la mayor dosis de N aplicada (Tabla 2).

La EUFS presentó mayor variabilidad que la EUFN ya que los rangos oscilaron entre -12 y 64 kg de grano kg de S aplicado<sup>-1</sup> en Bce I, entre -6 y 113 kg de grano kg de S aplicado<sup>-1</sup> en Bce II, entre 11 y 100 kg de grano kg de S aplicado<sup>-1</sup> en 9dJ I, y entre 15 y 198 kg de grano kg de S aplicado<sup>-1</sup> en 9dJ II (Tabla 3). En Bce I y 9dJ II, la aplicación de N no mejoró consistentemente la EUFS ( $p > 0.2$ ), en concordancia con los resultados de Cordone et al. (2001), pero en Bce II y 9dJ I se evidenció una mejora en dicha variable a medida que aumentaba la disponibilidad de N. Al igual que lo ocurrido con la EUFN, la dosis de S aplicada no pareció influir sobre la EUFS ( $p > 0.35$ ) (Tabla 3). Fontanetto et al. (2000) informaron que la EUFS fue de 67, 69 y 48 kg de grano kg de S aplicado<sup>-1</sup> para la aplicación de 6, 12 y 24 kg S ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

### *Análisis económico*

El RNFN varió entre 197 y 460\$ ha<sup>-1</sup> en Bce I, entre -289 y 130\$ ha<sup>-1</sup> en Bce II, entre 805 y 1823\$ ha<sup>-1</sup> en 9dJ I y entre 212 y 1287\$ ha<sup>-1</sup> en 9dJ II (Tabla 2). Con los precios considerados, se estableció una relación de precios N-grano de maíz (kg de maíz necesarios para pagar 1 kg de N) de 8.6. De esta manera, sólo se establecieron RNFN positivos cuando la EUFN fue superior a la relación de precios mencionada. Por ejemplo en Bce II, donde las condiciones hídricas limitaron severamente la respuesta del cultivo a la aplicación de N, en general se establecieron EUFN bajas o negativas que derivaron en que no sea rentable la fertilización con las dosis utilizadas ya que el R\$IN varió entre -0.79 y 0.71\$ (Tabla 2). Por otro lado, en la localidad de 9 de Julio se presentaron importantes respuestas a la fertilización nitrogenada, haciendo que dicha práctica resulte económicamente muy conveniente. En este experimento el R\$IN presentó valores positivos a través de las dosis utilizadas y osciló entre 2.98 y 4.16\$ (Tabla 2). Situaciones intermedias se determinaron en Bce I y 9dJ II con rangos de R\$IN entre 0.42 y 1.1\$ y entre 0.97 y 2.94, respectivamente (Tabla 2).

El RNFS presentó mayor variabilidad que el RNFN, con rangos que oscilaron entre -139 y 343\$ ha<sup>-1</sup> en Bce I, entre -55 y 349\$ ha<sup>-1</sup> en Bce II, entre 6 y 555\$ ha<sup>-1</sup> en 9dJ I y entre 11 y 466\$ ha<sup>-1</sup> en 9dJ II (Tabla 3). En este caso, se estableció una relación de precios S-grano de maíz de 10.1 (kg de maíz necesarios para pagar 1 kg de S) por lo que sólo fue económicamente conveniente aplicar S cuando la EUFS superó este valor. El R\$IS fue bajo en Bce I (entre -2.15 y 5.34\$), intermedio en Bce II y 9dJ I (entre -1.6 y 10.17 y entre 0.09 y 8.93\$, respectivamente) y alto en 9dJ II (entre 0.51 y 18.56 \$) (Tabla 3). Cabe aclarar que el carácter errático del éxito de la fertilización azufrada radica en que no en todos los ambientes se registra una respuesta de magnitud considerable en el cultivo de maíz, a diferencia de lo que ocurre con el N. Por lo tanto, a pesar del relativamente bajo costo del S, será necesario seguir explorando las deficiencias de S en las diferentes zonas productivas a fin de aportar mayor certidumbre a la hora de realizar recomendaciones de fertilización azufrada.

Se concluye que la respuesta del maíz al agregado de S no estuvo condicionada por la nutrición nitrogenada del cultivo, al menos ante los niveles de estrés de N y S que se presentaron en este trabajo. Sin embargo, en dos de los cuatro experimentos, el agregado de N mejoró la EUFS. La rentabilidad de la fertilización fue variable pero estuvo relacionada con la potencialidad del ambiente y con la oferta inicial de ambos nutrientes. El resultado económico de la fertilización con N y S resultó favorable sólo en los ambientes que tuvieron una elevada respuesta a la fertilización.

Tabla 1. Algunas características de los suelos de los sitios experimentales ubicados en las localidades de Balcarce durante las campañas 2005-06 y 2006-07 (Bce I y II, respectivamente) y 9 de Julio en los años 2006-07 y 2007-08 (9dJ I y II, respectivamente). MO: materia orgánica, pH, P: fósforo disponible, N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>: nitrógeno como nitrato, S-SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>: azufre como sulfato.

	MO	pH	P	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	S-SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>
	(%)	(1:2,5)	(mg kg <sup>-1</sup> )	(kg ha <sup>-1</sup> a 60 cm)	(kg ha <sup>-1</sup> a 60 cm)
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

Tabla 2. Respuesta a N, eficiencia de uso del fertilizante nitrógeno (EUFN), retorno neto de la fertilización nitrogenada (RNFN) y retorno por \$ invertido en N (R\$IN) en función del tratamiento (labranza/fertilización) para cada uno de los cuatro experimentos. Los experimentos se realizaron en las localidades de Balcarce durante las campañas 2005-06 y 2006-07 (Bce I y II, respectivamente) y 9 de Julio en los años 2006-07 y 2007-08 (9dJ I y II, respectivamente).

Experimento	Tratamiento		Respuesta a N (kg ha <sup>-1</sup> )	EUFN (kg grano kg N apl. <sup>-1</sup> )	RNFN (kg ha <sup>-1</sup> )	R\$IN (\$)
Bce I	SD	N	2222	18	456	1,00
	SD	NS	1609	13	197	0,43
	LC	N	1601	13	193	0,42
	LC	NS	2230	18	460	1,01
Bce II	N50	S0	177	4	-137	-0,75
	N50	S8	806	16	130	0,71
	N50	S16	226	5	-116	-0,64
	N100	S0	248	2	-289	-0,79
	N100	S8	1201	12	115	0,31
	N100	S16	611	6	-136	-0,37
9dJ I	N60	S0	2565	43	839	3,83
	N60	S8	2586	43	848	3,87
	N60	S16	2485	41	805	3,67
	N120	S0	4186	35	1308	2,98
	N120	S8	4863	41	1594	3,64
	N120	S16	5401	45	1823	4,16
9dJ II	N60	S0	1800	30	515	2,35
	N60	S5	1368	23	332	1,51
	N60	S10	1085	18	212	0,97
	N60	S20	1508	25	391	1,78
	N120	S0	3967	33	1214	2,77
	N120	S5	3054	25	827	1,89
	N120	S10	3483	29	1009	2,30
	N120	S20	4139	34	1287	2,94

Tabla 3. Respuesta a S, eficiencia de uso del fertilizante S (EUFS), retorno neto de la fertilización azufrada (RNFS) y retorno por \$ invertido en S (R\$IS) en función del tratamiento (labranza/fertilización) para cada uno de los cuatro experimentos. Bce I y II corresponden a los experimentos ubicados en las localidades de Balcarce durante las campañas 2005-06 y 2006-07, respectivamente; 9dJ I y II corresponden a los experimentos realizados en la localidad de 9 de Julio en las campañas 2006-07 y 2007-08, respectivamente.

Experimento	Tratamiento		Respuesta a S (kg ha <sup>-1</sup> )	EUFS (kg grano kg S apl. <sup>-1</sup> )	RNFS (kg ha <sup>-1</sup> )	R\$IS (\$)
Bce I	SD	S	962	64	343	5.34
	SD	NS	349	23	84	1.30
	LC	S	-175	-12	-139	-2.15
	LC	NS	454	30	128	1.99
Bce II	NO	S8	-49	-6	-55	-1.60
	NO	S16	539	34	160	2.33
	N50	S8	581	73	212	6.18
	N50	S16	588	37	181	2.63
	N100	S8	904	113	349	10.17
	N100	S16	901	56	313	4.57
9dJ I	NO	S8	127	16	20	0.57
	NO	S16	256	16	40	0.58
	N60	S8	148	19	29	0.83
	N60	S16	176	11	6	0.09
	N120	S8	804	100	307	8.93
	N120	S16	1471	92	555	8.09
9dJ II	NO	S5	989	198	398	18.56
	NO	S10	1200	120	466	10.86
	NO	S20	966	48	324	3.78
	N60	S5	557	111	215	10.02
	N60	S10	485	49	163	3.80
	N60	S20	674	34	200	2.33
	N120	S5	76	15	11	0.51
	N120	S10	716	72	261	6.08
	N120	S20	1138	57	397	4.63

## Agradecimientos

Los autores agradecen la colaboración en la realización de los ensayos a Norma Pedemonte y flia., Carlos Garpari, Juan Carlos Pagani, Pedro y Lorenzo Rolando. Este trabajo fue financiado por el proyecto INTA AERN5656, el AGR 261/08 de la FCA-UNMP y con recursos de la Est. Exp. INTA Balcarce.

## Referencias

- Andrade, F.H., H.E. Echeverría, N.S. González y S.A. Uhart.** 2002. Capítulo 8: Requerimientos de nutrientes minerales. En: Bases para el manejo del maíz, el girasol y la soja. EEA INTA Balcarce-Fac. de Ciencias Agrarias UNMP. pp. 211-237.
- Barbieri, P.A., H.E. Echeverría y H.R. Sainz Rozas.** 2003. Respuesta del cultivo de maíz bajo siembra directa a la fuente y al método de aplicación de nitrógeno. *Ciencia del Suelo*. 21:18-23.
- Blanco Fernández, L.** 1998. Variación en la eficiencia de uso del nitrógeno en maíz ante cambios en la oferta de nitrógeno: mecanismos involucrados. Tesis de Magister. UNMP.
- Della Maggiora, A.I., A.I. Irigoyen, J.M. Gardiol, O. Caviglia y L. Echarte.** 2003. Evaluación de un modelo de balance de agua en el suelo para el cultivo de maíz. *Rev. Arg. de Agromet.* 2(2): 167-176.
- Calviño, P.A., F.H. Andrade y V.O. Sadras.** 2003. Maize yield as affected by water availability, soil depth, and crop management. *Agron. J.* 95:275-281.
- Ceccoti, S.P.** 1996. Plant nutrient sulphur: a review of nutrient balance, environment impact and fertilizers. *Fert. Res.* 43: 117-125.
- Cordone, G.F., F. Martínez, J. Capurro y R. Abrate.** 2001. Fertilización de maíz con nitrógeno y azufre en el centro-sur de la provincia de Santa Fe. VII Congreso Nacional de Maíz. ALANBA. Pergamino, Buenos Aires, Argentina.
- 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.** 2001. Eficiencia de recuperación del nitrógeno aplicado al estadió de seis hojas del maíz bajo riego en siembra directa y labranza convencional. *Ciencia del Suelo*. 19:57-66.
- Ferraris, G.N. y L.A. Couretot.** 2006. Evaluación de diferentes dosis y momentos de aplicación de nitrógeno y su interacción con el azufre utilizando fuentes líquidas en el Norte de la Provincia de Buenos Aires. En: *Maíz en siembra directa*. Revista técnica AAPRESID. pp. 70-73.
- Ferraris, G.N., F. Salvaggiotti, P. Prysypa y F.H. Gutierrez Boem.** 2004. Disponibilidad de azufre y respuesta de la soja de primera a la fertilización. En: 19° Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. AACs, Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo. Paraná, Entre Ríos,

Argentina. 144 p.

Fontanetto, H., O. Keller, R. Inwinkelried, N. Citroni y F. García. 2000. Phosphorus and sulfur fertilization of corn in the Northern Pampas. Better Crops 14:1-5.

Martínez, F. y G. Cordone. 2000. Avances en el manejo del azufre: novedades en respuesta y diagnóstico en trigo, soja y maíz. En: Jornada de actualización para profesio-

nales (Rosario, Santa Fé). pp. 28-30.

Sainz Rozas, H.R., H.E. Echeverría y P.A. Barbieri. 2004. Nitrogen balance as affected by application time and nitrogen fertilizer rate in irrigated no-tillage maize. Agron. J. 96:1622-1631.

Snyder, C.S. y T.W. Bruulsema. 2007. Nutrient use efficiency and effectiveness in North America: indices of agronomic and environmental benefit. International Plant Nutrition Institute.

SAS Institute Inc. 1988. [CD-ROM]: Versión SAS/STAT. Users Guide. INC, Cary. Programa computacional.

Ventimiglia, L.A., H. Carta y S. Rillo. 2001. Respuesta del maíz al azufre: Resultados de tres años de experiencias a campo. Experimentación en campos de productores. Campaña 2000/01. UEEA INTA 9 de Julio. Buenos Aires, Argentina.

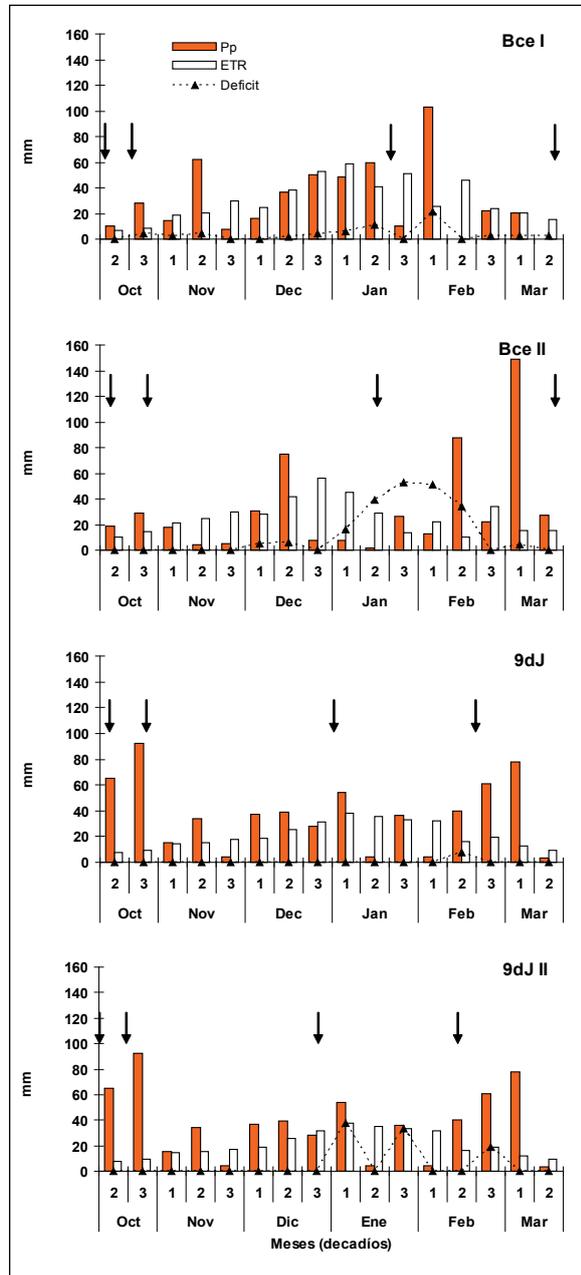


Figura 1. Precipitaciones (Pp), evapotranspiración real (ETR) y déficit hídrico decádico durante la estación de crecimiento del maíz para los tres experimentos. Bce I y II corresponden a los experimentos ubicados en las localidades de Balcarce durante las campañas 2005-06 y 2006-07, respectivamente; 9dJ I y II corresponden a los experimentos realizados en la localidad de 9 de Julio en las campañas 2006-07 y 2007-08, respectivamente. Las flechas indican los momentos de siembra, emergencia, floración y madurez fisiológica.

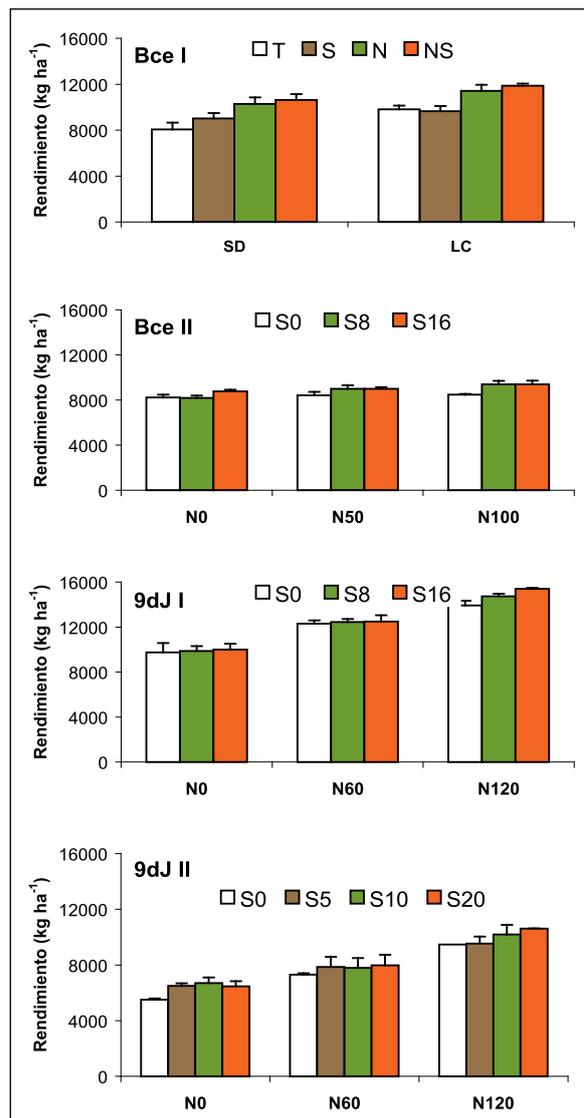


Figura 2. Rendimiento en grano (14% de humedad) en función del tratamiento (labranza/fertilización) para los cuatro experimentos. Bce I y II corresponden a los experimentos ubicados en Balcarce durante las campañas 2005-06 y 2006-07, respectivamente; 9dJ I y II corresponden a los experimentos realizados en la localidad de 9 de Julio en las campañas 2006-07 y 2007-08, respectivamente. Las barras indican los errores estándar.