



FERTILIZACIÓN AZUFRADA EN MAIZ EVALUACIÓN DE LA RESPUESTA DEL CULTIVO Y ANÁLISIS DE METODOLOGÍAS DE DIAGNOSTICO DE LA FERTILIZACIÓN AZUFRADA Reporte final

Gustavo Ferraris¹, Flavio Gutiérrez Boem², Pablo Prystupa², Fernando Salvagiotti³, Lucrecia Couretot¹,
Damián Dignani³

INTRODUCCIÓN

Los altos niveles de extracción de nutrientes de los cultivos asociado a la baja reposición de los mismos, ha generado balances de nutrientes negativos en los sistemas de producción de la región pampeana (Cruzate y Casas, 2003). En el cultivo de maíz, la principal gramínea de verano, la respuesta a la fertilización con nitrógeno es generalizada. Sin embargo, en los últimos años diversos investigadores han observado incrementos en los rendimientos del cultivo de maíz por la aplicación de azufre (S) en el sur de la Provincia de Santa Fe y norte de Buenos Aires.

La principal limitante para un uso racional de la fertilización azufrada en este y otros cultivos es la falta de un método de diagnóstico en el cual basar una recomendación de fertilización. Los mismos deben ser rápidos, reproducibles, confiables y de bajo costo. La decisión de fertilización con azufre se basa actualmente en el uso conjunto de características del lote tales como el contenido de materia orgánica, la estabilidad estructural, la historia agrícola, el grado de erosión del suelo, la cantidad de años en siembra directa o la historia de fertilización del lote (Martínez y Cordone, 1998; Vilche et al., 2002).

Hasta el momento no se ha podido encontrar un indicador en el suelo que permita predecir la respuesta de los cultivos a la fertilización con azufre. Existen distintas metodologías que miden la disponibilidad de sulfatos y caracterizan distintas fracciones del azufre disponible para el cultivo en el suelo como por ejemplo i) acetato de amonio, ii) cloruro de potasio calentado a 40°C o iii) fosfato diácido de potasio (Lisle et al, 1994). Sin embargo, estas determinaciones no se asociaron consistentemente con la respuesta en el cultivo de soja (Ferraris et al, 2002), y los estudios preliminares durante el primer año de esta red, tampoco encontraron ajustes con la respuesta del cultivo de maíz (Ferraris et al, 2004).

Debido a que las metodologías de determinación en el suelo, previo a la siembra del cultivo no han sido auspiciosas, la identificación de lotes con y sin respuesta a la fertilización con azufre en base al análisis del grano a cosecha surge como una metodología promisoriosa para segregar lotes que responden a la fertilización con azufre (Hitsuda et al, 2004), que necesita ser calibrada en condiciones de campo en región pampeana.

Los objetivos de esta investigación fueron:

1. Cuantificar la magnitud de la respuesta a la fertilización con azufre en el cultivo de maíz en diferentes condiciones ambientales de la región pampeana.
2. Determinar la dosis de azufre necesaria para satisfacer los requerimientos del cultivo de maíz.
3. Identificar asociaciones entre distintos indicadores de suelo y la respuesta del cultivo de maíz a la fertilización azufrada.
4. Evaluar el contenido de nitrógeno y azufre en grano como posible indicador de sitios deficientes en azufre.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizaron 19 experimentos de campo en tres campañas, siete durante 2003/04 y seis en el ciclo 2004/05 y 2005/06, distribuidos desde el centro-sur de Santa Fe hasta el centro de Buenos Aires. Las características salientes de los sitios experimentales se describen en la Tabla 1. Por su parte, el manejo realizado en los respectivos ensayos se presenta en la Tabla 2.

Nº	Localidad	Año	Depto. Partido	Provincia	Labranza	AA	Tipo de suelo	Serie de suelo
1	San Jerónimo	2003	San Jerónimo	Santa Fe	SD	> 50	Argiudol vértico	Roldán
2	Monje	2003	San Jerónimo	Santa Fe	SD	> 30	Argiudol típico	Maciel
3	Oliveros	2003	San Lorenzo	Santa Fe	SD	> 10	Argiudol típico	Maciel
4	Wheelwright	2003	Gral. López	Santa Fe	SD	> 20	Argiudol típico	Hughes
5	Arroyo Dulce	2003	Salto	Bs As	SD	> 20	Argiudol típico	Arroyo Dulce
6	El Dorado	2003	L.N. Alem	Bs As	LC	1	Hapludol típico	
7	Junín	2003	Junín	Bs As	SD	> 20	Hapludol típico	Junin
8	San Jerónimo	2004	San Jerónimo	Santa Fe	SD	>30	Argiudol vértico	Peyrano
9	Aldao	2004	San Lorenzo	Santa Fe	SD	>20	Argiudol típico	Maciel
10	Wheelwright	2004	Gral. López	Santa Fe	SD	12	Argiudol típico	Hughes
11	Pergamino	2004	Pergamino	Bs As	SD	> 20	Argiudol típico	Pergamino
12	Junín	2004	Junín	Bs As	SD	>20	Hapludol típico	Junin
13	O'Higgins	2004	Chacabuco	Bs As	LC	10	Argiudol típico	O'Higgins
14	Maciel	2005	San Jerónimo	Santa Fe	SD	30	Argiudol típico	Maciel
15	Cañada Rica	2005	Constitución	Santa Fe	SD	30	Argiudol vértico	Peyrano
16	Colon	2005	Colón	Bs. As.	SD	>20	Argiudol típico	Hughes
17	Pergamino	2005	Pergamino	Bs. As.	SD	>20	Argiudol típico	Pergamino
18	Junin	2005	Junin	Bs. As.	SD	>20	Hapludol típico	Junin
19	O'Higgins	2005	Chacabuco	Bs. As.	SD	10	Argiudol típico	O'Higgins

Tabla 2: Manejo efectuado en los sitios experimentales.

Nº	Cultivar	Fecha de siembra	Cultivo antecesor	Densidad de siembra sem ha ⁻¹	Distancia entre surcos m	Fecha de Cosecha
1	Cargill 280	11-sep	Soja 1ª	80000	0.70	26-mar
2	NK 940	11-sep	Soja 1ª	80000	0.70	18-feb
3	NK Siroco TDMax	23-sep	Soja 1ª	70000	0.525	23-mar
4	Dekalb 682 MGCL	10-oct	Soja 1ª	80000	0.70	3-mar
5	Nidera Ax 840	29-sep	Soja 1ª	80000	0.525	20-feb
6	Pioneer 32G63	14-oct	Soja 1ª	72000	0.70	10-mar
7	Pioneer 30R76	14-oct	Maíz	80000	0.70	27-feb
8	AW 190	8-sep	Soja 1ª	80000	0.525	22-Feb
9	H 2750	9-sep	Soja 1ª	80000	0.525	3-Mar
10	Dekalb 696 MGMAV	7-sep	Trigo/Soja	80000	0.70	14-feb
11	Nidera Ax 882	14-sep	Soja 1ª	80000	0.525	15-feb
12	Pioneer 30R76	22-sep	Trigo/Soja	76900	0.52	15-mar
13	Dekalb752 MGCLR5	28-sep	Cebada/Soja	70000	0.70	24-feb
14	NK900 TDMax	2-sep	Soja	85000	0.525	20-feb
15	AX882 MG	16-sep	Soja	80000	0.525	9-mar
16	SPS 2721 MG	1-oct	Trigo/Soja	80000	0.70	10-mar
17	Dekalb 747	9-sep	Soja 1ª	80000	0.525	15-mar
18	Pioneer 31Y04 MG	28-sep	Trigo/Soja	76900	0.52	4-abr
19	DM 2750	19-sep	Cebada/Soja	72000	0.70	17-mar

Los tratamientos correspondieron a la aplicación a la siembra de tres dosis de S, contrastados con un testigo sin fertilización:

1. **S0:** Testigo sin agregado de S
2. **S1:** 7,5 kg S ha⁻¹ como yeso aplicados al voleo
3. **S2:** 15 kg S ha⁻¹ como yeso aplicados al voleo.
4. **S3:** 30 kg S ha⁻¹ como yeso aplicados al voleo.

Con el objeto de evitar que otros nutrientes limiten al rendimiento, todos los tratamientos fueron fertilizados con 150 kg ha⁻¹ de nitrógeno y 30 kg ha⁻¹ de fósforo a la siembra. El diseño fue en bloques completos aleatorizados con cuatro repeticiones.

Mediciones efectuadas:

En el suelo: Previo a la siembra, sobre una muestra de 0-20 cm se determinó pH y los contenidos de nitratos, materia orgánica, fósforo disponible y sulfatos. El contenido de sulfatos se determinó utilizando tres extractantes (acetato de amonio, cloruro de potasio y fosfato diácido de potasio) durante el primer año y, ante la falta de correlación entre los valores observados y la respuesta a la fertilización, en el segundo año sólo se efectuaron extracciones con acetato de amonio, método que demostró cierta asociación con la respuesta a la fertilización en soja (Ferraris et al., 2003). También en esta profundidad se realizó un fraccionamiento textural. De 20 a 40 cm y de 40 a 60 cm se determinó el contenido de sulfatos utilizando acetato de amonio. Se determinó humedad a la siembra.

En el cultivo: Se determinó el rendimiento de grano de las parcelas mediante cosecha manual y trilla estacionaria de las muestras, así como sus componentes, número y peso de granos. Para la interpretación de los resultados se utilizaron análisis de varianza, comparaciones de medias y análisis de regresión.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de los análisis de suelo se detallan en la Tabla 3

Tabla 3: Algunas características de los suelos de los sitios experimentales

Sitio	Arcilla %	Limo %	Arena %	pH	MO %	P _{Bray1} ppm	K _{AcN H4} ppm	N-NO ₃			S-SO ₄ AcNH ₄				S-SO ₄ K ₂ PO ₄ ppm	S-SO ₄ KCl40 ppm
								0-20	20-40	40-60	0-20	20-40	40-60	0-60		
1	16.4	79.0	4.6	5.6	2.9	13.2	449	6.3			13.5	14.9	23.0	17.1	16.1	7.9
2	14.4	81.8	5.9	5.7	2.2	11.8	507	7.0			8.2	5.3	3.9	5.8	6.0	8.6
3	16.2	78.8	5.0	5.5	1.9	21.1	536	6.4			5.7	4.0	4.9	4.8	4.7	7.0
4	16.0	67.2	16.7	6.2	2.2	6.3	595	2.2			12.5	11.9	7.3	10.5	10.3	9.7
5	19.0	58.0	23.1	5.9	1.6	7.3	566	8.4			5.3	1.6	1.6	2.8	3.3	4.3
6	8.0	44.3	47.7	5.6	3.2	11.4	663	13.9			12.0	10.6	7.5	10.0	10.3	4.9
7	14.4	41.4	44.2	5.6	3.0	11.9	692	15.4			8.0	6.0	6.3	6.7	10.5	4.7
8	19.4	78.6	2.0	5.8	2.8	7.2	585	1.3	1.3	5.6	7.2	7.8	8.0	7.6		
9	20.0	79.6	0.4	5.6	2.7	9.3	546	12.9	6.6	4.7	7.0	5.7	4.8	5.8		
10	22.6	59.5	17.9	5.9	3.5	10.1	585	12.4	6.1	3.1	12.0	5.6	5.3	7.6		
11	21.8	63.9	14.3	5.8	2.8	5.2	569	9.5	6.1	3.0	7.6	7.6	5.0	6.7		
12	13.0	29.8	57.2	5.4	2.4	6.0	566	8.8	6.6	5.6	8.9	6.4	6.8	7.3		
13	42.7	42.2	15.0	5.5	2.4	4.9	663	10.0	6.0	7.3	10.6	7.9	6.2	8.2		
14	20.0	73.5	6.5	5.4	2.4	5.7	312	6.3	3.7	6.8	4.4	3.3	2.7	3.4		
15	20.0	69.8	10.2	5.6	2.5	5.0	351	9	7.8	6.1	4.5	3.8	2.7	3.6		
16	19.0	67.2	13.8	5.6	1.9	6.1	468	9.0	5.1	2.7	10.5	8.3	9.4	9.4		
17	20.0	61.3	18.7	5.6	2.5	10.1	546	11.4	3.4	2.2	13.2	8.3	9.4	10.3		
18	12.0	33.6	54.4	5.6	2.4	6.5	547	6.2	3.7	2.7	14.0	8.8	6.6	9.8		
19	14.0	41.1	44.9	5.7	2.7	4.0	625	13.2	12.9	8.7	16.0	8.8	9.4	11.4		

Los valores de S-sulfatos determinados durante las tres campañas son similares entre sí, e inferiores a los observados en una red de fertilización azufrada en Soja realizada por nuestro grupo de trabajo (Ferraris et al., 2003). Esto se debería al momento de muestreo, ya que estos análisis fueron realizados en setiembre-octubre, cuando el suelo presenta menor temperatura y un barbecho más corto que daría lugar a una menor acumulación de S-sulfatos respecto de los análisis realizados para Soja en el mes de noviembre.

Efecto sobre los rendimientos en cada sitio experimental

De los 19 sitios que abarcó la red se observaron efectos significativos de los tratamientos sobre el rendimiento en 9 sitios (Tabla 4). Sin embargo, en uno de ellos el rendimiento alcanzado con el agregado de azufre no se diferenció del testigo (sitio 3). El aumento del rendimiento por el agregado de azufre en los otros 8 sitios fue en promedio de 1100 kg ha⁻¹, con un rango de entre 380 y 1900 kg ha⁻¹. La disminución del rendimiento por no fertilizar fue de entre 8 y 20 % (media 13%), lo que indica deficiencias moderadas de azufre en esos sitios, similares a las que han sido observadas en la región pampeana.

Sitio	Localidad	Azufre agregado (kg ha ⁻¹)				ANOVA			Respuesta
		0	7.5	15	30	<i>p</i>	CV%	LSD _{0,05}	
1	San Jerónimo	10719	10799	10924	11603*	0.01	2.9	519	389
2	Monje	11456	11247	12488*	12375	0.03	4.9	948	580
3	Oliveros	7786	7552	7973	8071	0.09	3.4	432	79
4	Wheelwright	9429	11063*	11195*	11719*	0.01	7.6	1325	1896
5	Arroyo Dulce	10364	10163	9622	10129	0.32	5.4		-392
6	El Dorado	12924	12924	12473	12741	0.94	9.6		-211
7	Junín	11794	12821*	12531*	12523*	<0.01	2.0	412	831
8	San Jerónimo	13919	14156	14714	14130	0.63	6.2		414
9	Aldao	11203	11459	11298	11641	0.69	4.7		263
10	Wheelwright	7715	8686*	8182	8796*	0.09	7.0	941	839
11	Pergamino	12954	12030	12851	13196	0.32	6.8		-261
12	Junín	9263	10300*	10066*	10252*	0.01	3.9	636	943
13	O'Higgins	8031	9188	8250	9080	0.43	13.5		808
14	Maciel	9018	10783*	9832	10686*	0.05	8.6	1391	1415
15	Cañada Rica	6432	6836	6811	7005	0.19	5.1		452
16	Colon	9302	10355	11472*	11623*	0.04	10.1	1739	1848
17	Pergamino	6581	6991	7582	7335	0.32	10.5		721
18	Junin	8480	9454	7536	7775	0.26	16.4		-225
19	O'Higgins	9290	9446	8950	9388	0.81	8.4		-28

*diferentes del testigo (LSD, p<0.05)
 Respuesta: diferencia entre el rendimiento promedio de las tres dosis de S y el testigo

Dosis de azufre y rendimiento en todos los sitios

Las figuras 1 y 2 muestran los rendimientos en todos los sitios en las tres campañas de esta red. Se observaron respuestas a la fertilización azufrada en ocho de los 19 experimentos realizados (Figura 1). En estos sitios se ajustó una función de tipo lineal-plateau a la relación entre rendimiento y azufre agregado (Tabla 5). Salvo en un sitio donde la respuesta fue lineal para todo el rango de azufre utilizado (sitio 1), se alcanzaron los máximos rendimientos con dosis de entre 6 a 17 kg S ha⁻¹ (parámetro c).

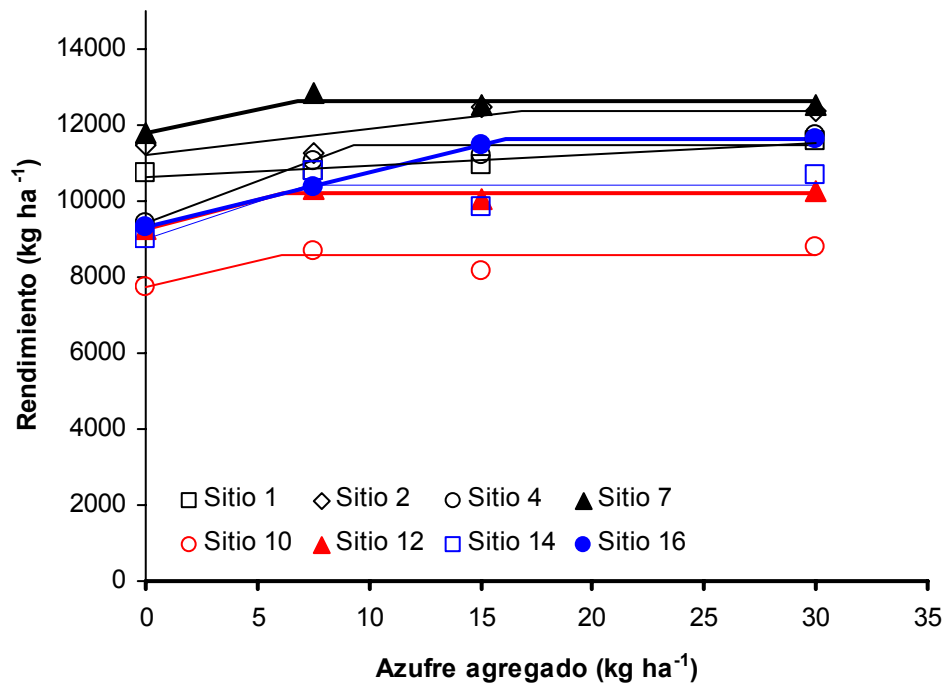


Figura 1: Rendimiento en función de la dosis de azufre en los sitios experimentales donde el agregado de azufre aumentó significativamente los rendimientos. Símbolos negros año 2003/04, rojos año 2004/05, azules año 2005/06, símbolos vacíos Santa Fe, llenos Buenos Aires.

Sitio	Localidad	Función $y = a + b x (x < c) + b c (x \geq c)$			
		Parámetros			R ²
		A	b	c	
1	San Jerónimo	10750	25.8		0.47
2	Monje	11214	68.8	16.8	0.37
4	Wheelwright	9429	217.8	9.3	0.55
7	Junín	11794	123.1	6.8	0.38
10	Wheelwright	7714	138.8	6.0	0.29
12	Junín	9262	153.0	6.1	0.53
14	Maciel	9018	195.3	7.2	0.39
16	Colon	9291	144.6	16.1	0.38

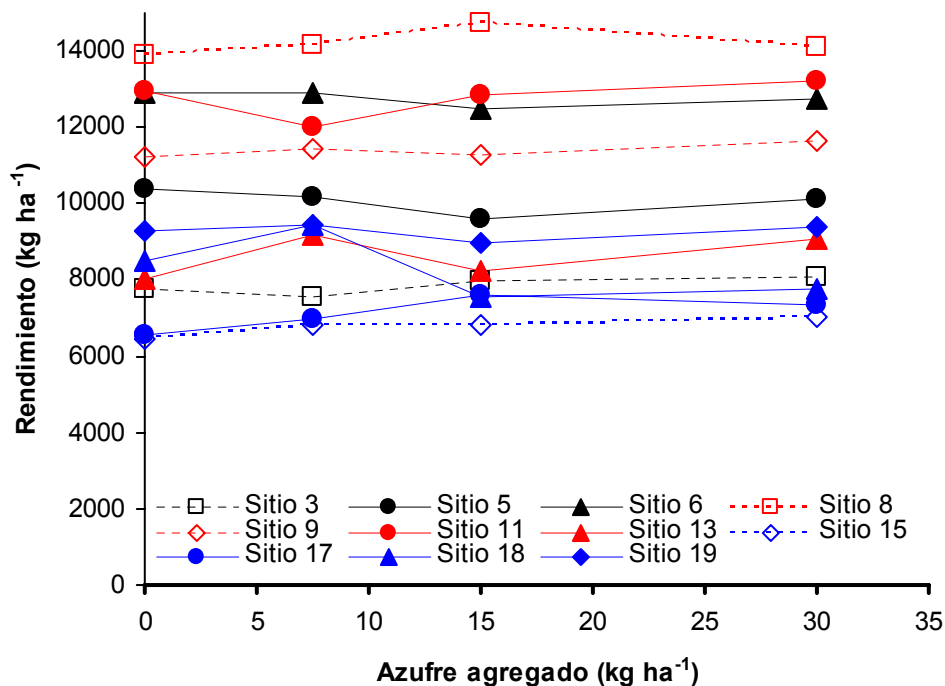


Figura 2: Rendimiento en función de la dosis de azufre en los sitios experimentales donde el agregado de azufre no afectó los rendimientos. Símbolos negros año 2003/04, rojos año 2004/05, azules 2005/06, símbolos vacíos Santa Fe, llenos Buenos Aires.

La eficiencia agronómica mínima necesaria para que la fertilización sea económicamente conveniente es de 12 kg maíz por cada kg de S agregado (considerando un precio del yeso agrícola de 165 US\$ t⁻¹ y precio neto del maíz de 75 US\$ t⁻¹). Las pendientes de la fase lineal de respuesta de las funciones ajustadas en la Figura 1 son todas superiores a 25 kg maíz kg S⁻¹, siendo el promedio de todos los sitios de 133 kg maíz kg S⁻¹.

Agrupando todos los sitios se observa que en general se obtienen rendimientos cercanos al máximo con una dosis de 10 kg S ha⁻¹ (Figura 3). Considerando las eficiencias agronómicas observadas, es muy probable obtener respuestas económicamente convenientes a dosis de azufre de esta magnitud, una vez identificados los sitios deficientes en este nutriente.

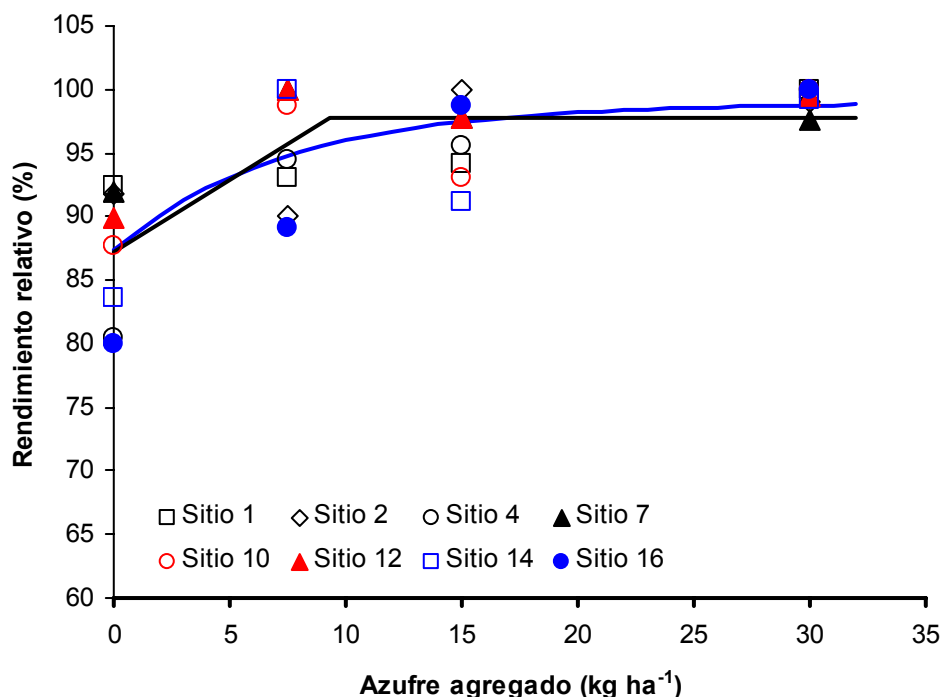


Figura 3: Rendimiento relativo al máximo de cada sitio en función de la dosis de azufre utilizada, en los sitios donde se observó respuesta al agregado de azufre. Símbolos rojos año 2003/04, azules año 2004/05, símbolos llenos Santa Fe, vacíos Buenos Aires.

La respuesta a la fertilización es la resultante no sólo del nivel de nutrientes en el suelo, sino también del potencial de rendimiento de los cultivos que determinan los requerimientos de cada nutriente. En maíz, en regiones tropicales con bajos contenidos de materia orgánica se han registrado incrementos en el rendimiento en grano por el agregado de azufre de 13 a 52%, con rendimientos medios inferiores a los 4000 kg ha⁻¹ (Weil y Mughongo, 2000).

En nuestro país los contenidos de materia orgánica son superiores a los de las regiones tropicales, sin embargo la agriculturización, la ausencia de reposición de los nutrientes y los altos rendimientos de los últimos años ha incrementado la respuesta a azufre. En diferentes ensayos que evaluaban la fertilización con azufre, en promedio muestran un incremento del orden 990 kg ha⁻¹, en un amplio rango, desde ausencia de respuesta hasta incrementos de 2263 kg ha⁻¹, que en términos relativos fueron desde un 2 hasta un 25% (Pedrol et al, 1999; Garcia, 1999; Pedrol et al, 2001; Thomas, 2001; Cordone et al, 2002; Capurro et al, 2002; Fontanetto et al, 2004; Capurro et al, 2004; Blanco et al, 2005). Los niveles de respuesta promedio en los ensayos conducidos en las últimas dos campañas en esta red muestran incrementos en el rendimiento dentro de este rango de respuesta, por lo que se puede decir que representa las condiciones de la región pampeana. Sin embargo, en gran parte de estos ensayos se había evaluado la respuesta a la aplicación de un solo nivel de azufre (entre 12 y 20 kg S ha⁻¹). Los resultados de nuestros ensayos profundizan el análisis de la respuesta estudiando la respuesta en rendimiento del cultivo ante incrementos sucesivos en la disponibilidad de azufre en el suelo, para de esta forma poder determinar la dosis mínima necesaria para alcanzar máximos rendimientos. Los resultados muestran que la respuesta a la fertilización con azufre no se incrementa con el agregado de más de 10 kg S ha⁻¹. Este

umbral se encuentra dentro de aquel encontrado por Rehm (2005) en sistemas de producción de maíz en Minnesota, quien determinó un nivel de entre 6.7 y 13.4 kg ha⁻¹ de S aplicado como fertilizante según el sitio como el óptimo para obtener la máxima respuesta.

Respuesta a la fertilización y características del sitio

La respuesta a la fertilización azufrada no estuvo asociada a ninguna de las características del suelo medidas (Tabla 3). Tampoco estuvo asociada a variables de manejo, o al rendimiento máximo alcanzado en el sitio. Evidentemente, deficiencias azufradas de la magnitud que se observaron en esta red experimental no se pueden predecir mediante la determinación del azufre disponible en el suelo a la siembra del cultivo (sulfatos, figura 4), o de algún índice relacionado con la mineralización de azufre durante el ciclo del cultivo (MO, MO/arc+limo, figura 5).

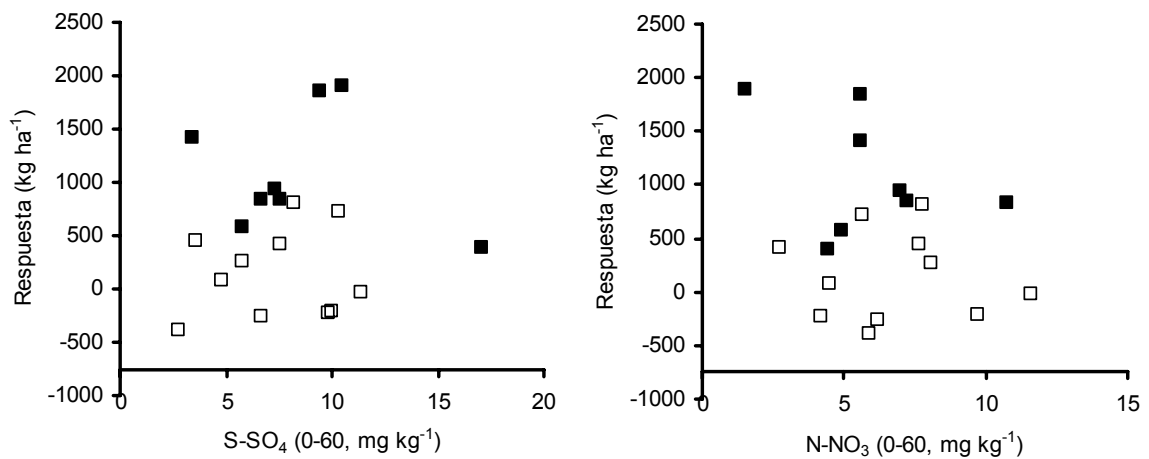


Figura 4: Respuesta al agregado de S en función del contenido de nitratos o sulfatos a la siembra. Símbolos llenos: sitios con aumento significativo del rendimiento por el agregado de azufre.

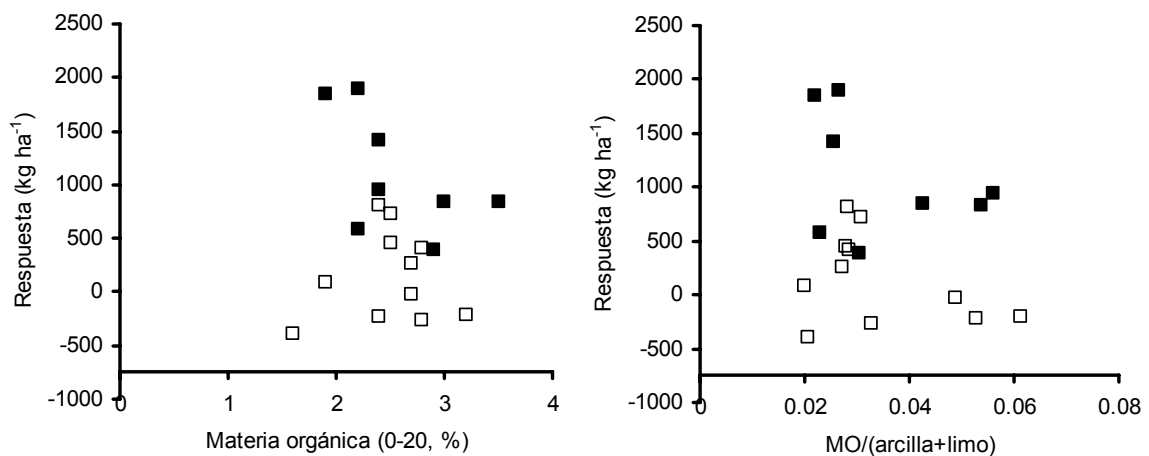


Figura 5: Respuesta al agregado de S en función del contenido de materia orgánica o del cociente entre materia orgánica y la suma de arcilla y limo. Símbolos llenos: sitios con aumento significativo del rendimiento por el agregado de azufre.

Respuesta a la fertilización y análisis de granos

Aún no se cuentan con los resultados de los análisis de granos. Queda por determinar si la concentración de S o la relación N:S de los granos permite identificar sitios deficientes en azufre.

CONCLUSIONES

1. Se observaron deficiencias moderadas de azufre en el 42 % de los sitios que integraron esta red experimental, que provocaron caídas en los rendimientos de alrededor del 10-20%.
2. En los sitios deficientes en azufre, se alcanzaron los máximos rendimientos con una dosis de 10 kg S ha⁻¹. En todos estos sitios, la respuesta a la fertilización fue económicamente conveniente.
3. Las características de suelo o de manejo no permitieron separar sitios con respuesta de sitios sin respuesta.

REFERENCIAS

- Blanco H, Boxler M, Minteguiaga J, Houssay R, Deza Marín G, Berardo A y García F. Red de Nutrición CREA Sur de Santa Fe. Resultados de la campaña 2003/04: Maíz.
- Capurro J, Fiorito C, Gonzalez MC y Pagani R. 2002. Evaluación de la respuesta a la fertilización en el cultivo de maíz en Cañada de Gomez. Campaña 2000/2001. Para Mejorar la Producción n° 17. E.E.A. Oliveros INTA.
- Capurro J, Fiorito C, Pagani R, Arce E y Ferrero L. 2004. Respuesta a la fertilización de maíz en Cañada de Gomez. Para Mejorar la Producción n° 26. E.E.A. Oliveros INTA.
- Cordone G, Capurro J, Castellarin J, Felizia JC, Martínez F, Méndez JM, Prieto G, Pedrol HM, Salvagiotti F y Trentino N. 2002. Análisis de la respuesta del maíz a distintas alternativas de fertilización en una red de ensayos en el sur de Santa Fe. Para Mejorar la Producción n° 20. E.E.A. Oliveros INTA.
- Cruzate G.A. y R. Casas. 2003. Balance de nutrientes. Fertilizar Número especial Sostenibilidad.
- Ferraris G, Gutiérrez Boem F, Prystupa P, Salvagiotti F, Couretot L, Elisei J. 2004. Fertilización azufrada en maíz. Evaluación de la respuesta del cultivo y análisis de metodologías de diagnóstico de la fertilización azufrada. Informe 1er año ensayos Red Maíz – INTA –Fertilizar.
- Ferraris G, Gutiérrez Boem F, Salvagiotti F, Prystupa P. 2003. Azufre en soja. Validación de herramientas de diagnóstico y elaboración de estrategias de recomendación. Fertilizar 32.
- Ferraris, G., F. Salvagiotti, P. Prystupa & F.H. Gutiérrez Boem. 2004. Disponibilidad de azufre y respuesta de la soja de primera a la fertilización. XIX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, Paraná, Junio.
- Fontanetto H. 2004. Nutrición de cultivos y manejo de la fertilidad en la región centro de Santa Fe. Simposio Fertilidad 2004. INPOFOS - PPI – PPIC.
- García F, 1999. Fósforo y Azufre en el cultivo de maíz. Informaciones agronomicas n°3 – INPOFOS – PPI – PPIC.
- Hitsuda K, Sfredo GJ y Klepker D. 2004. Diagnosis of sulfur deficiency in soybean using seeds. Soil Sci. Soc. Am. J. 68:1445-1451.
- Lisle L., R. Lefroy, G. Anderson y G. Blair. 1994. Methods for the measurement of sulphur in plants and soil". Sulphur in Agriculture 18:45-54.
- 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.
- Pedrol H, Salvagiotti F, Castellarin J, Rosso O, Vernizzi A. 1999. Respuesta a la fertilización azufrada con diferentes niveles de nitrógeno y fósforo. Para mejorar la producción n° 10. EEA Oliveros INTA.

- Pedrol HM, Salvagiotti F, Castellarín JM, Trentino N, Méndez JM, Capurro J, Felizia JC, Gentili O, Gargicevich A, Prieto G, Damen D y Gelín A. 2001 "Respuesta de maíz a Nitrógeno y Azufre en sistemas agrícolas del sur de Santa Fe". VII Congreso Nacional de Maíz. Pergamino. Argentina.
- Rehm G. 2005. Sulfur Management for Corn Growth with Conservation Tillage. *Soil Sci*, 69:709-717.
- Thomas A, Boxler M, Alvarez de Toledo B, Houssay R, Martín L, Berardo A y García F. Red de Nutrición CREA Sur de Santa Fe. Resultados de la campaña 2000/01: Maíz.
- Vilche M.S., G. Cordone, F. Martínez, C. Galarza, V. Gudelj y V. Bisaro. 2002. Parámetros que condicionan la respuesta de soja (*Glycine max* (L.) Merr.) a la fertilización azufrada. Actas XVIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo.
- Weil RR, Mughogho SK. 2000. Sulfur nutrition of maize in four regions of Malawi. *Agronomy Journal* 92, 649-656.

Agradecimientos:

Este trabajo fue financiado por el módulo de Investigación del Proyecto Fertilizar. Agradecemos la colaboración de Hernán Echeverría, Jorge y Ricardo Defelice, Antonio Pupic, filias. Culaciatti, Cernik, Carballo y Daffunchio, Luciano y Roberto Rufer y Tito Zanella, Nestor Coronel, Alejandro Arias, Roberto Fabro, Héctor Villalón, Mauricio Montani y Oscar Cicaré.