

## **Red de Ensayos en Nutrición de Cultivos Región CREA Sur de Santa Fe**

### **Resultados de la campaña 2010/11: Soja**

*Preparado por Miguel Boxler (Coordinador Ensayos), Fernando O. García (IPNI Cono Sur), Adrian Correndo (IPNI Cono Sur), Jorge Minteguiaga (Coordinador Zonal), Ricardo Pozzi (CREA San Jorge-Las Rosas), Máximo Uranga (CREA Posta Espinillos), Francisco Bauschen (Agroservicios Pampeanos), Nahuel Reussi Calvo (Laboratorio Fertilab) y Angel Berardo (Laboratorio Fertilab)*

En la campaña 2010/11, la región Sur de Santa Fe del movimiento CREA, con la colaboración de IPNI Cono Sur y el auspicio de Agroservicios Pampeanos (ASP), continuó la Red de Ensayos de Nutrición de Cultivos iniciada en la campaña 2000/01. Los objetivos generales de la Red son:

1. Determinar respuestas (directas y residuales) de los cultivos dentro de la rotación a la aplicación de nitrógeno (N), fósforo (P), azufre (S) en diferentes ambientes de la región
2. Evaluar algunas metodologías de diagnóstico de la fertilización nitrogenada, fosfatada y azufrada
3. Evaluar deficiencias y respuestas potenciales a otros nutrientes: potasio (K), magnesio (Mg), boro (B), cobre (Cu) y zinc (Zn)

En este informe se reportan los resultados observados en cuatro ensayos en soja de primera bajo rotación maíz-soja-trigo/soja (M-S-T/S). Los objetivos específicos para esta campaña fueron:

1. Evaluación de la respuesta de soja de primera a la fertilización fosfatada (directa y residual) y del análisis de suelos en capa superficial en pre-siembra como método de diagnóstico.
2. Evaluación de la respuesta de soja de primera a la fertilización azufrada (directa y residual) y del análisis de S-sulfatos en pre-siembra como método de diagnóstico.
3. Evaluación del rendimiento de soja de primera sin limitaciones nutricionales en cada uno de los sitios de experimentación.

Información de años anteriores de la Red de Nutrición CREA Sur de Santa Fe se puede encontrar en García et al. (2010)<sup>1</sup> y en los sitios de Internet [www.aacrea.org.ar](http://www.aacrea.org.ar) y [www.ipni.net/lasc](http://www.ipni.net/lasc).

### **Materiales y Métodos**

Los cuatro ensayos se establecieron en lotes bajo siembra directa de varios años ubicados en establecimientos de los distintos grupos CREA de la

---

<sup>1</sup> García F.; M. Boxler; J. Minteguiaga; R. Pozzi; L. Firpo; I. Ciampitti; A. Correndo; F. Bauschen; A. Berardo y N. Reussi Calvo. 2010. *La Red de Nutrición de la Región Crea Sur de Santa Fe: Resultados y conclusiones de los primeros diez años 200-2009*. 2a. ed. AACREA. Buenos Aires, Argentina. ISBN ISBN 978-987-1513-07-9. 64 pag.

región Sur de Santa Fe en las provincias de Santa Fe y Córdoba en la campaña 2000/01 (Tabla 1). En la campaña 2010/11, los sitios La Blanca, La Hansa, Lambaré y San Antonio se sembraron con soja de primera bajo rotación M-S-T/S.

Los tratamientos de fertilización se realizan anualmente siempre sobre las mismas parcelas en todos los ensayos. La cantidad de nutrientes y los fertilizantes aplicados en la campaña 2010/11 a la siembra del cultivo de soja de primera, se indican en la Tabla 2. En ningún caso se aplica N en la soja de primera, las respuestas a N, que se indican más adelante en este reporte, indican respuestas residuales a la aplicación de N en cultivos de años anteriores (maíz y trigo). Los seis tratamientos establecidos fueron similares en los cuatro sitios. En todos los sitios, los tratamientos se disponen en un diseño en bloques completos con tres repeticiones.

El manejo general del cultivo (control de malezas, fecha de siembra, etc.) fue similar al manejo del lote de producción, utilizándose maquinaria del productor en todos los casos.

En pre-siembra, se muestrearon tratamientos selectos en los tres bloques para determinar: P Bray en capa superficial (0-20 cm); N-nitratos, y S-sulfatos a 0-20, 20-40 y 40-60 cm de profundidad (Tabla 3). Se tomaron veinte “piques” por muestra superficial y 10 “piques” por muestra subsuperficial.

En madurez fisiológica se determinó el número de plantas por m<sup>2</sup>. A cosecha se determinó el rendimiento, la humedad de grano y el peso de mil granos. Los rendimientos reportados se han corregido al 13% de humedad. Con la información de plantas por m<sup>2</sup> y peso de mil granos, se estimó el número de granos por m<sup>2</sup>. En todos los tratamientos se tomaron muestras de grano para evaluar la concentración de nutrientes (información no presentada).

## **Resultados**

### ***Análisis de suelo***

Los niveles de P Bray fueron bajos en La Hansa y San Antonio, intermedio en La Blanca y alto en Lambaré para el tratamiento NS (Tabla 3). En el tratamiento NP, los niveles de S-sulfatos fueron bajos para los cuatro ensayos.

Se observaron efectos residuales de la fertilización fosfatada en los cuatro ensayos con incrementos acumulados de P Bray significativos a lo largo de los once años de ensayos en el tratamiento NPS (Fig. 1). Las residualidades de P son positivas desde el punto de vista de mejorar los niveles de P Bray en los suelos y demuestran la posibilidad de manejar estrategias de fertilización de subir y mantener el P extractable en estos suelos. Los incrementos y caídas en los niveles de P Bray se asocian con balances negativos y/o positivos entre la extracción en grano y la aplicación vía fertilización fosfatada.

Para S-sulfatos, se registraron efectos residuales en San Antonio, Lambaré y, en menor medida, en La Blanca (Tabla 3). La residualidad de N-nitratos de fertilizaciones anteriores fue elevada en La Blanca y moderada en La Hansa.

## ***Rendimientos y respuestas a la fertilización***

Las precipitaciones durante el ciclo del cultivo fueron variables para los cuatro sitios (Tabla 1), a pesar de lo cual se lograron buenos rendimientos en todos los casos, con rendimientos máximos de 3400 a 5200 kg/ha (Tabla 4). Los menores rendimientos se observaron en San Antonio, un sitio con una degradación física importante a la implantación del ensayo en 2000. Los mayores rendimientos se observaron en Lambaré y La Blanca, bajo mejores condiciones iniciales de suelo.

Considerando las precipitaciones promedio de Octubre a Febrero, las eficiencias de uso de agua fueron de 7.9, 9.6, 9.4, 9.4, 10.5 y 10.5 kg/ha por mm, para los tratamientos Testigo, PS, NS, NP, NPS y Completo, respectivamente. Estos valores indican incrementos del 19% al 33% en la eficiencia del uso de agua según tratamiento de fertilización.

Los rendimientos, respuestas y el análisis estadístico se presentan en la Tabla 4. Se observaron respuestas significativas a los tratamientos de fertilización en La Blanca, La Hansa y Lambaré. Las respuestas promedio a los efectos residuales de N, P y S fueron de 364, 488 y 448 kg/ha, respectivamente (Fig. 2).

En La Blanca, se observaron respuestas significativas a P, S y a la interacción PS. En La Hansa, las respuestas fueron significativas a N, P, S y a la interacción NPS. En Lambaré, las respuestas fueron significativas a S y a la interacción NPS. San Antonio no registro diferencias significativas entre los tratamientos, probablemente debido a la alta variabilidad (17%).

Las respuestas de los cultivos a los distintos nutrientes y, especialmente, a las interacciones, se han ido ampliando a través de los años debido a la acumulación de fertilidad en los tratamientos fertilizados y la pérdida de la misma en el Testigo o en aquellos tratamientos sin aplicación de algún nutriente en particular. Las diferencias entre los tratamientos NPS y Testigo fueron del 4%, 15%, 22% y 33% para los mismos sitios en las campañas 2001/02, 2004/05, 2007/08 y 2010/11, respectivamente (Fig. 3).

El número de granos por m<sup>2</sup> fue el componente de rendimiento más afectado por los tratamientos de fertilización, presentando diferencias significativas en La Blanca, La Hansa y Lambaré (Tablas 5 y 6). Este componente se asoció estrechamente con el rendimiento en grano (Fig. 4). Por otra parte, el peso de mil granos mostró diferencias entre tratamientos en La Blanca y La Hansa pero no se asoció significativamente con el rendimiento ( $r^2=0.05$ ) (Fig. 5).

Considerando los 52 sitios de todas las campañas con soja de primera y de segunda en las dos rotaciones, la relación entre el rendimiento relativo (rendimiento tratamiento NS/rendimiento tratamiento NPS) y la concentración de P Bray a 0-20 cm a la siembra de soja de primera y de trigo (Fig. 6), indica que:

- ✓ El 81% de los sitios con P Bray menor de 13 mg/kg presentaron rendimientos relativos menores del 90%.

- ✓ El 84% de los sitios con P Bray mayor de 13 mg/kg presentó rendimientos relativos mayores del 90%

Por lo tanto, se sugiere considerar un nivel crítico de P Bray de 13 mg/kg para soja en la Región.

Las respuestas a S se relacionaron con la concentración de S-sulfatos a 0-20 cm y la cantidad de S-sulfatos a 0-60 cm + el S aplicado como fertilizante a la siembra de soja de primera (rotación M-S-T/S) y a la siembra de trigo (rotación M-T/S). Estas relaciones no son lo suficientemente robustas como para proponer metodologías de recomendación a partir de los análisis de suelo.

En general, los niveles de S-sulfatos a la siembra de soja de primera y del trigo fueron muy bajos, menores de 10 mg/kg a 0-20 cm (89% de los 46 sitios/año). En los 41 sitios/año con niveles menores de 10 mg/kg de S-sulfatos, solamente 18 sitios/año mostraron respuestas superiores a 10%. En los 5 sitios/año con niveles de S-sulfatos mayores de 10 mg/kg, solamente un sitio mostro respuestas superiores al 10% (Fig. 7).

La relación entre la disponibilidad de S a la siembra de soja de primera y de trigo (S-sulfatos a 0-60 cm + S aplicado como fertilizante) con los rendimientos obtenidos en soja de primera y de segunda para las rotaciones M-S-T/S y M-T/S, respectivamente, no muestra una tendencia clara que permita definir un rango crítico de disponibilidad de S-sulfatos (Fig. 8).

## Conclusiones

1. Se observaron respuestas significativas a los tratamientos de fertilización en tres de los cuatro ensayos de soja de primera de la campaña 2010/11. Las respuestas promedio a los efectos residuales de N, y a P y S fueron de 364, 488 y 448 kg/ha, respectivamente.
2. Las respuestas de los cultivos a los distintos nutrientes y, especialmente, a las interacciones, se han ido ampliando a través de los años debido a la acumulación de fertilidad en los tratamientos fertilizados y la pérdida de la misma en el Testigo o en aquellos tratamientos sin aplicación de algún nutriente en particular.
3. El número de granos por m<sup>2</sup> se relacionó significativamente con el rendimiento en grano, no así el peso de mil granos.
4. Considerando los 52 sitios de soja de primera y de segunda evaluados en la Red de Nutrición, se obtuvieron relaciones significativas entre el rendimiento y el nivel de P Bray a la siembra de soja de primera y de trigo con un nivel crítico de 13 mg/kg, por debajo del cual la probabilidad de respuesta es elevada.
5. La relación entre la respuesta a S y la concentración de S-sulfatos a 0-20 cm no fue robusta: la probabilidad de respuesta de la soja a la fertilización azufrada fue del 44% cuando la concentración de S-sulfatos a 0-20 cm a la siembra de la soja de primera o del trigo fue inferior a 10 mg/kg, y del 20% cuando la concentración de S-sulfatos fue superior a 10 mg/kg.

6. La disponibilidad de S (suelo a 0-60 cm + fertilizante) a la siembra de soja de primera y a la siembra del trigo no se relaciono significativamente con los rendimientos de soja de primera y de segunda.

### ***Agradecimientos***

- A todos los asesores, productores y personal de los establecimientos que implantaron los ensayos y participan en este proyecto.
- A *Agroservicios Pampeanos (ASP)* por su continuo apoyo para la realización de esta Red.

Tabla 1. Información de manejo y de sitio, lámina de agua en el suelo a la siembra, anthesis y madurez fisiológica y precipitaciones durante el ciclo del cultivo. Red de Nutrición CREA Sur de Santa Fe, Soja 2010/11.

Establecimiento	La Blanca	La Hansa	Lambaré	San Antonio
CREA	Gral. Baldissera	Armstrong-Montes de Oca	San Jorge-Las Rosas	Rosario
Serie Suelo	La Bélgica	Bustanza	Los Cardos	Maciel
Labranza	SD	SD	SD	SD
Años agricultura	14	29	12	12
Antecesor	Maíz			
Variedad	SPS 4X4			
Fecha de siembra	16/11/10	28/11/10	25/10/10	24/11/10
Distancia entre surcos (cm)	42	52	52	52
Plantas/m lineal	16	26	19	23
Fecha de Cosecha	8/4/11	28/4/11	31/3/11	5/4/11
<i>Precipitaciones</i>				
Septiembre 2010	54	45	75	76
Octubre	48	42	17	37
Noviembre	58	20	25	38
Diciembre	75	94	115	106
Enero 2011	34	165	105	139
Febrero	66	144	124	231
Octubre/Febrero	281	465	386	551

Tabla 2. Tratamientos establecidos a la siembra del cultivo de soja de primera en los cuatro sitios experimentales. Campaña 2010/11.

<b>Tratamiento</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
<b>Nombre</b>	<b>Testigo</b>	<b>PS</b>	<b>NS</b>	<b>NP</b>	<b>NPS</b>	<b>NPSMgK Micros</b>
	<b>Fertilizante (kg/ha)</b>					
<b>Urea</b>						
<b>Fosfato Monoamónico</b>		<b>132</b>		<b>132</b>	<b>132</b>	<b>132</b>
<b>Cloruro de potasio</b>						<b>100</b>
<b>Magnesio 36%</b>						<b>30</b>
<b>Yeso gran.(18.6%)</b>		<b>97</b>	<b>97</b>		<b>97</b>	<b>97</b>
<b>B10%</b>						<b>10</b>
<b>Zn40%</b>						<b>5</b>
<b>Cu25%</b>						<b>4</b>
<b>Fertilizante total (kg/ha)</b>	<b>0</b>	<b>229</b>	<b>97</b>	<b>132</b>	<b>229</b>	<b>378</b>
	<b>Nutrientes (kg/ha)</b>					
<b>N</b>						
<b>P</b>		<b>30</b>		<b>30</b>	<b>30</b>	<b>30</b>
<b>K</b>						<b>50</b>
<b>Mg</b>						<b>11</b>
<b>S</b>		<b>18</b>	<b>18</b>		<b>18</b>	<b>18</b>
<b>B</b>						<b>1</b>
<b>Cl</b>						<b>46</b>
<b>Cu</b>						<b>1</b>
<b>Zn</b>						<b>2</b>

Tabla 3. Análisis de suelo previos a la siembra de soja de primera para la rotación M-S-T/S para la Campaña 2010/11. Red de Nutrición CREA Sur de Santa Fe. Promedios de dos repeticiones.

Ensayo	Tratamiento	P	N-NO <sub>3</sub>	N-NO <sub>3</sub>	S-SO <sub>4</sub>	S-SO <sub>4</sub>
		<i>ppm</i>	<i>ppm</i>	<i>kg/ha</i>	<i>ppm</i>	<i>kg/ha</i>
		0-20 cm	0-20 cm	0-60 cm	0-20 cm	0-60 cm
La Blanca	PS		13	82		
	NS	13				
	NP				4	31
	NPS	29	22	154	6	44
La Hansa	PS		8	43		
	NS	8				
	NP				4	31
	NPS	35	14	67	4	33
Lambare	PS		13	65		
	NS	33				
	NP				6	43
	NPS	73	13	69	8	64
San Antonio	PS		15	82		
	NS	5				
	NP				5	45
	NPS	39	16	82	5	73



Tabla 4. Rendimientos de soja de primera para los seis tratamientos evaluados y respuestas a N, P, S, NPS y otros nutrientes en los cuatro ensayos. Promedios de tres repeticiones. Campaña 2010/11.

Tratamiento	La Blanca	La Hansa	Lambaré	San Antonio	Promedio
<b>Rendimientos (kg/ha)</b>					
<b>Testigo</b>	2571 c	3117 e	4946 c	2706	3335
<b>PS</b>	4659 a	3391 d	5153 ab	3032	4059
<b>NS</b>	3883 b	3644 c	5167 ab	3047	3935
<b>NP</b>	3770 b	3896 b	5126 b	3110	3976
<b>NPS</b>	4874 a	4141 a	5291 a	3387	4423
<b>Completo</b>	4874 a	4171 a	5222 ab	3415	4420
<b>DMS (5%) #</b>	292	238	150	NS	-
<b>Respuestas (kg/ha)</b>					
<b>N</b>	214	750	138	354	364
<b>P</b>	991	497	124	340	488
<b>S</b>	1103	245	166	276	448
<b>PS</b>	2089	275	207	326	724
<b>NS</b>	1312	527	221	340	600
<b>NP</b>	1200	779	180	404	641
<b>NPS</b>	2303	1024	345	680	1088
<b>Otros ##</b>	0	30	-69	28	-3

# Rendimientos seguidos por las mismas letras en cada sitio no difieren significativamente al nivel de probabilidad de 5%.

## Otros incluye K, Mg y Zn.

Tabla 5. Componentes de rendimiento de soja de primera (Peso mil granos, Granos por m<sup>2</sup>) para los seis tratamientos evaluados en los cuatro ensayos. Promedios de tres repeticiones.

<b>Ensayo</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>Peso mil granos (g)</b>	<b>Granos/m<sup>2</sup></b>
La Blanca	Testigo	160 e	1604 c
La Blanca	PS	175 d	2668 a
La Blanca	NS	173 cd	2247 b
La Blanca	NP	178 bc	2124 b
La Blanca	NPS	180 ab	2709 a
La Blanca	NPSMicro	182 a	2682 a
La Hansa	Testigo	171 b	1826 c
La Hansa	PS	176 b	1931 bc
La Hansa	NS	179 ab	2037 b
La Hansa	NP	172 ab	2272 a
La Hansa	NPS	175 a	2362 a
La Hansa	NPSMicro	180 a	2313 a
Lambaré	Testigo	160	3092 b
Lambaré	PS	161	3198 ab
Lambaré	NS	161	3202 ab
Lambaré	NP	160	3204 ab
Lambaré	NPS	160	3309 a
Lambaré	NPSMicro	163	3211 ab
San Antonio	Testigo	147	1841
San Antonio	PS	153	1983
San Antonio	NS	156	1963
San Antonio	NP	158	1975
San Antonio	NPS	159	2127
San Antonio	NPSMicro	157	2167

Tabla 6. Resultados del análisis estadístico, como valores de DMS al 5% de probabilidad, de los componentes de rendimiento de soja de primera (Peso mil granos, Granos por m<sup>2</sup>) en los cuatro ensayos evaluados.

<b>Ensayo</b>	<b>Peso mil granos (g)</b>	<b>Granos/m<sup>2</sup></b>
	----- DMS (5%) -----	
La Blanca	3.8	177
La Hansa	6.3	180
Lambaré	NS	120
San Antonio	NS	NS

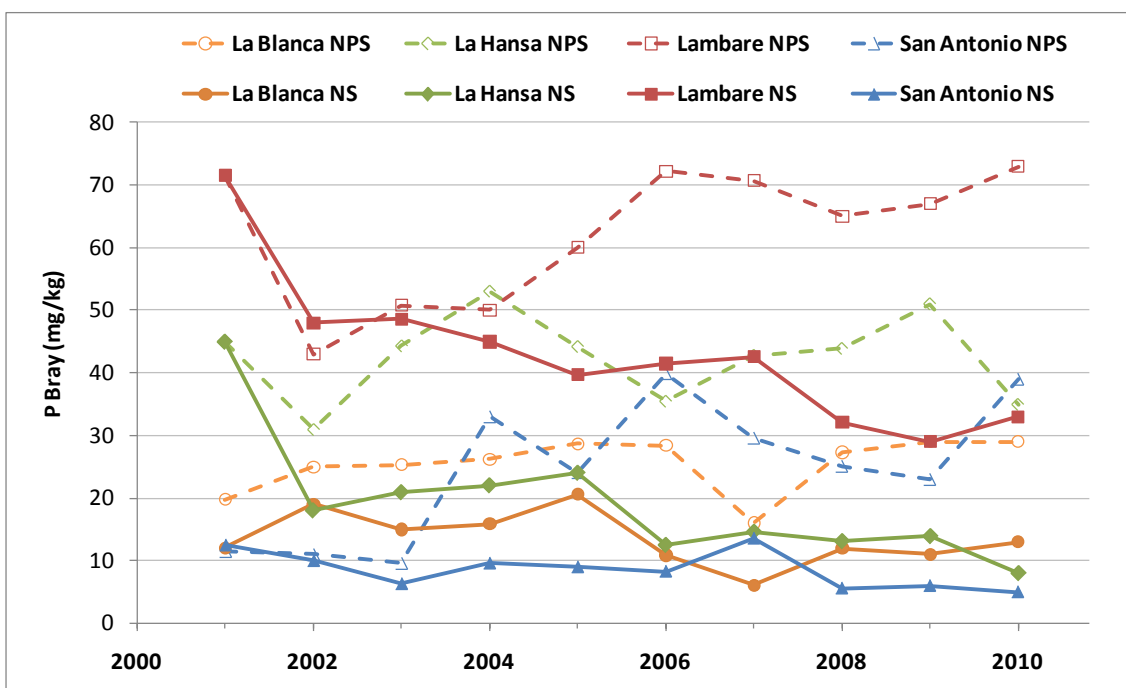


Fig. 1. Evolución de P Bray (0-20 cm) en los tratamientos NS (líneas llenas) y NPS (líneas punteadas) para los cuatro ensayos en rotación M-S-T/S de la Red de Nutrición CREA Sur de Santa Fe, 2001 a 2010.

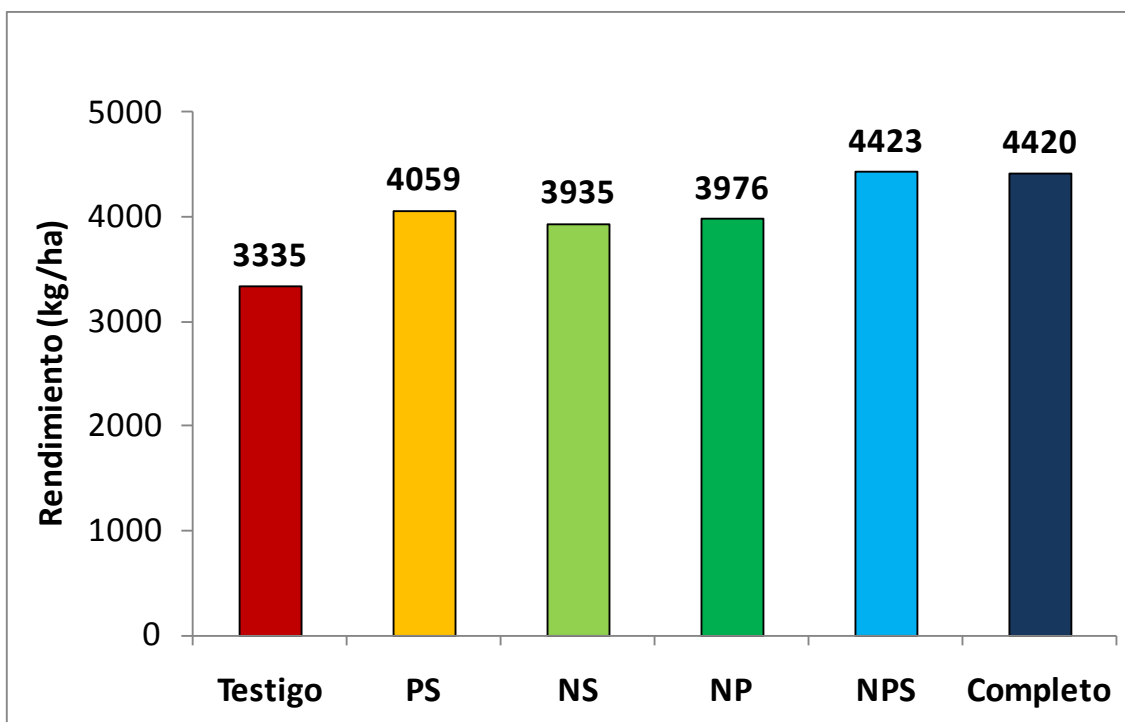


Fig. 2. Rendimientos promedio de soja de primera para los seis tratamientos en los cuatro sitios evaluados de la Rotación M-S-T/S. Red de Nutrición CREA Sur de Santa Fe 2010/11.

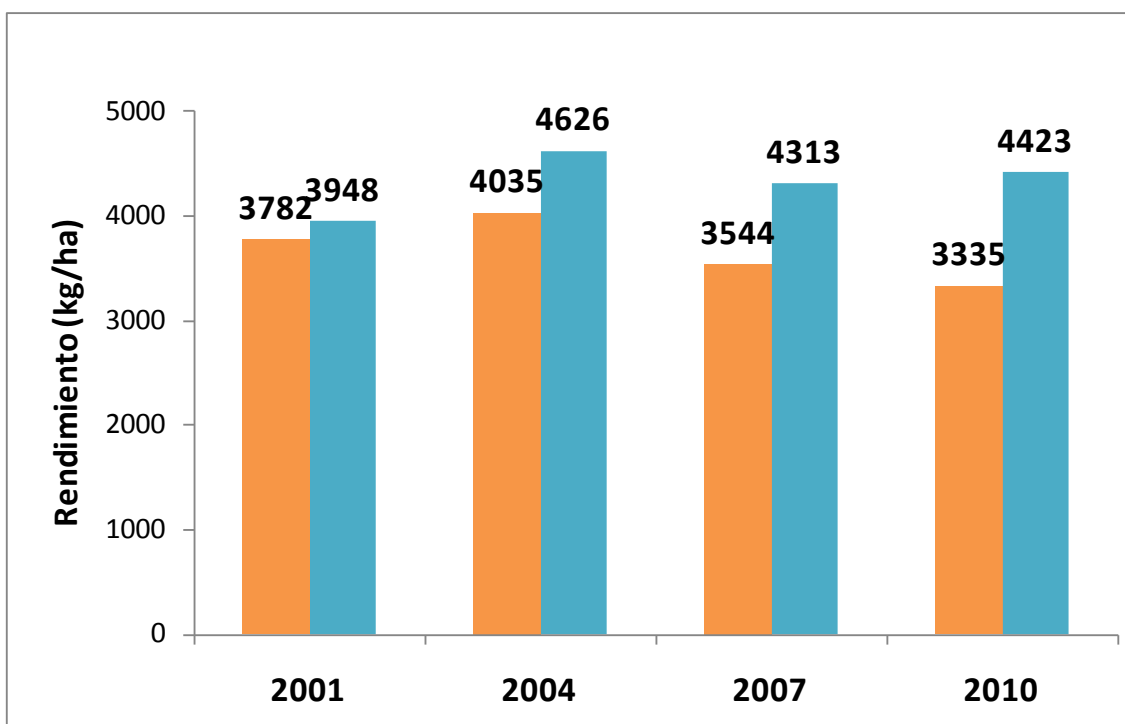


Fig. 3. Rendimientos promedio para los tratamientos Testigo y NPS en soja de primera, a lo largo de los once años de experimentación en la Red de Nutrición CREA Sur de Santa Fe, 2000/01-2010/11.

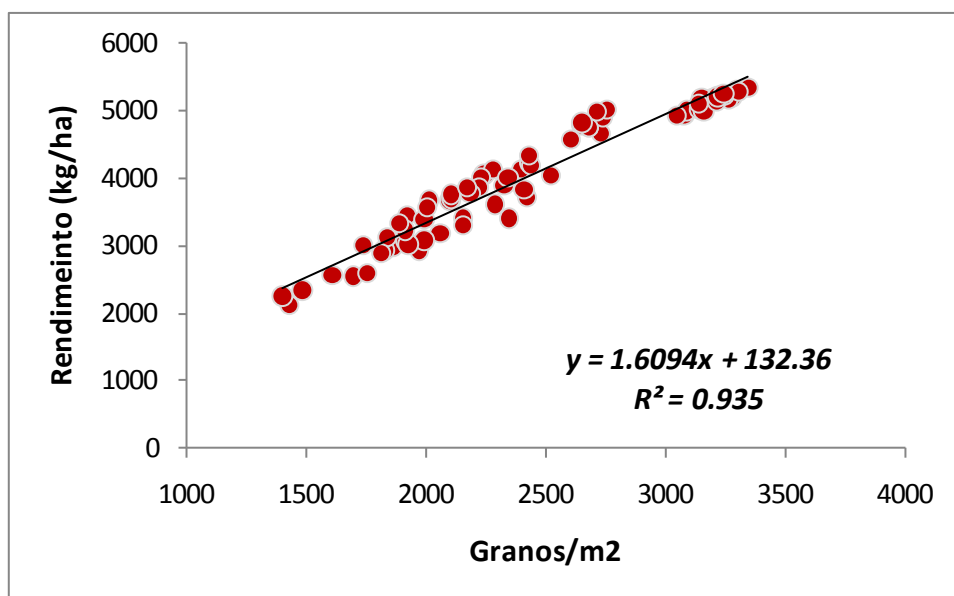


Fig. 4. Relaciones entre el rendimiento y el número de granos por m<sup>2</sup> en soja de primera. Red de Nutrición CREA Sur de Santa Fe 2010/11.

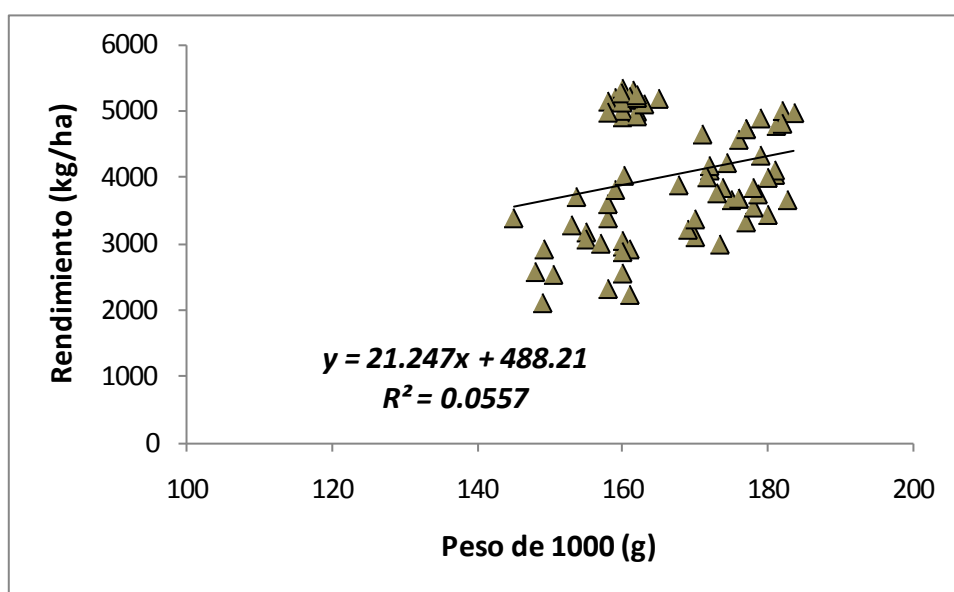


Fig. 5. Relaciones entre el rendimiento y el peso de 1000 granos (g) en soja de primera. Red de Nutrición CREA Sur de Santa Fe 2010/11.

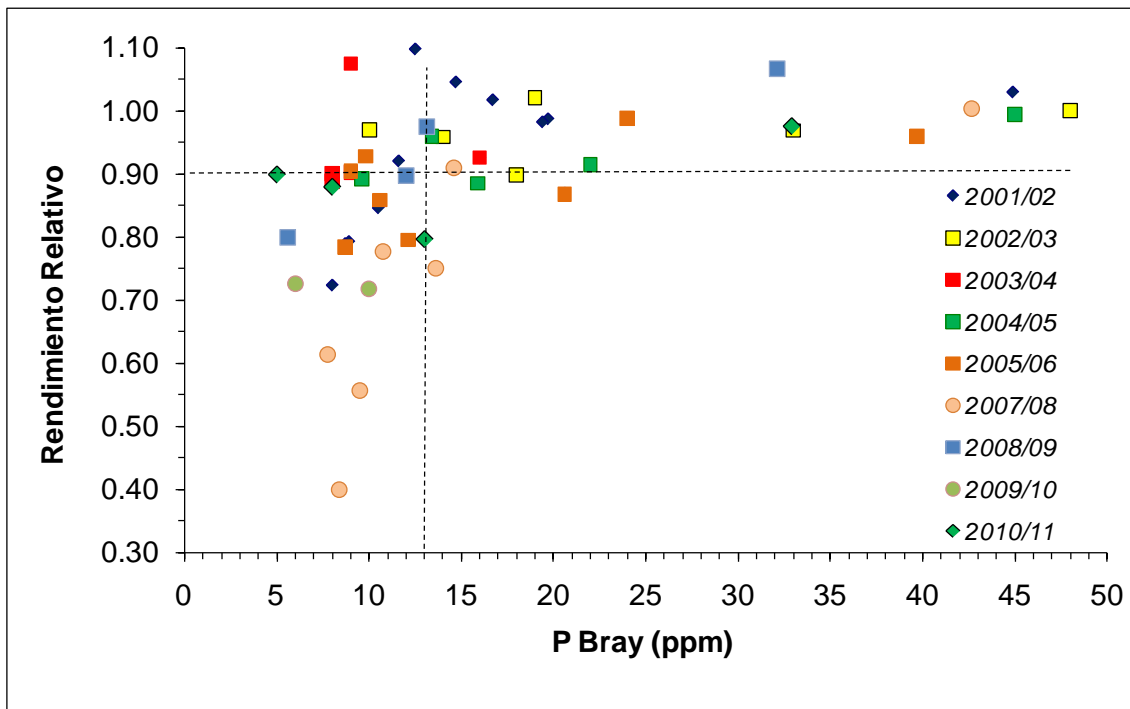


Fig. 6. Rendimiento relativo de soja de primera y de segunda (rendimiento NS/Rendimiento NPS) en función del nivel de P Bray a 0-20 cm de profundidad a la siembra de soja de primera o trigo, respectivamente. La línea vertical indica P Bray de 13 ppm y la horizontal Rendimiento Relativo de 0.90. Red de Nutrición CREA Sur de Santa Fe, 2001/02, a 2010/11.

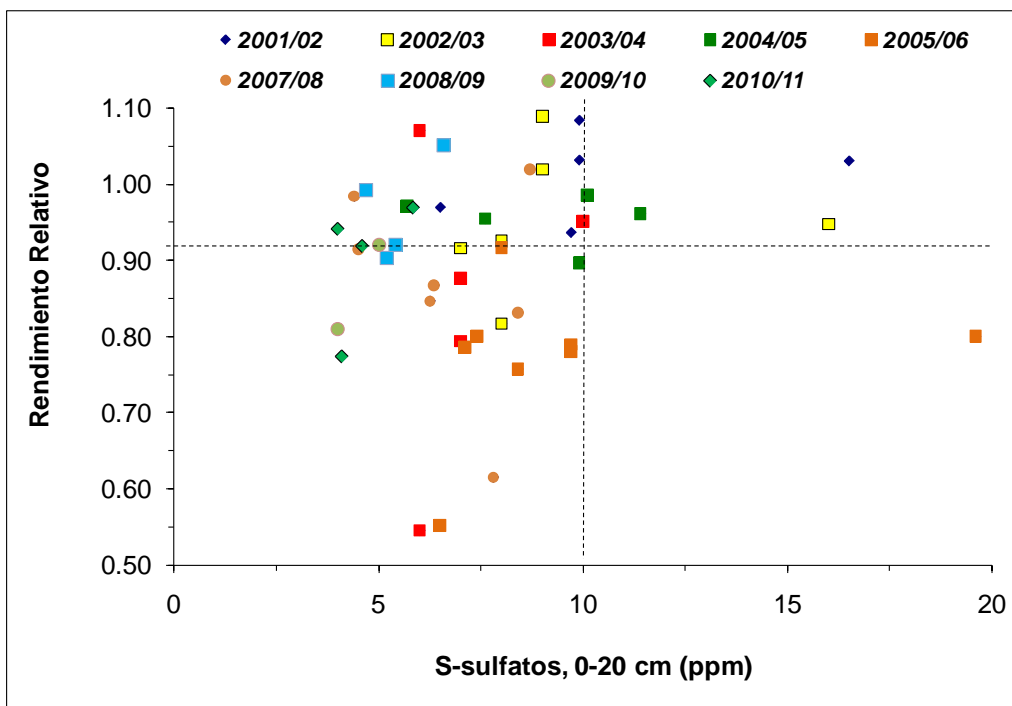


Fig. 7. Rendimiento relativo de soja de primera y segunda en función del nivel de S-sulfatos a 0-20 cm de profundidad a la siembra de trigo para la rotación M-T/S y soja de primera para la rotación M-S-T/S.. Red de Nutrición CREA Sur de Santa Fe, 2001/02 a 2010/11.

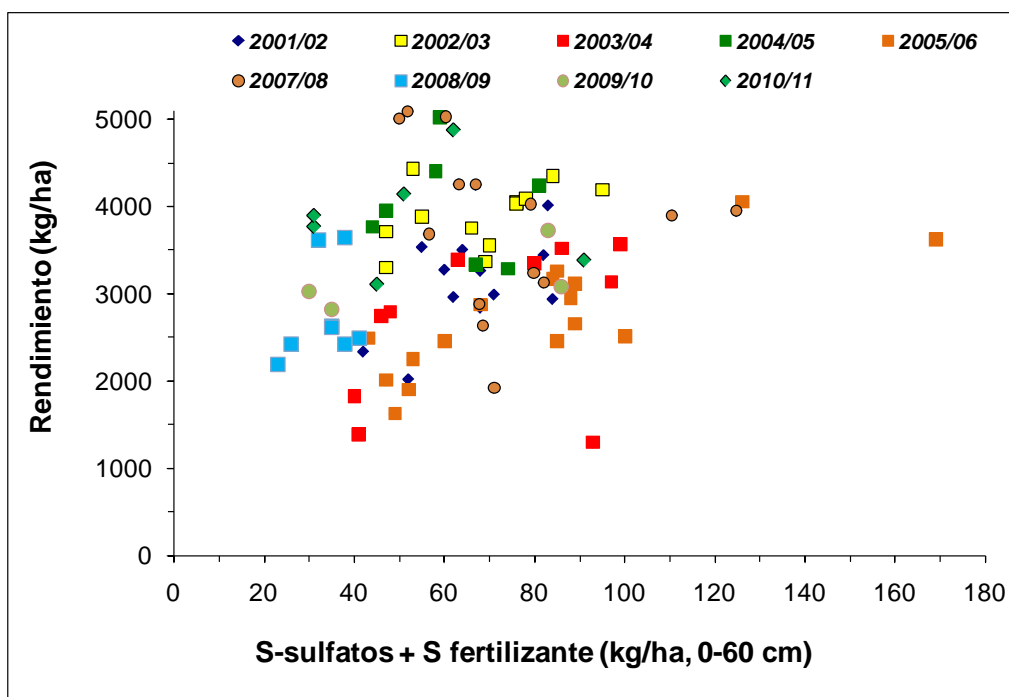


Fig. 8. Rendimiento de soja de primera y de segunda en función de la disponibilidad de S-sulfatos en pre-siembra (0-60 cm) + S aplicado como fertilizante para ambas rotaciones, M-T/S y M-S-T/S. Red de Nutrición CREA Sur de Santa Fe, 2001/02 a 2010/11.