

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

Resultados de la campaña 2005/06: Soja de Segunda

Preparado por Miguel Boxler (Coordinador Ensayos), Fernando O. García (INPOFOS Cono Sur), Jorge Minteguiaga (Coordinador Zonal), Luis Firpo (CREA Baldissera), Germán Deza Marin (Agroservicios Pampeanos), Ricardo Pozzi (Asesor CREA San Jorge Las Rosas) y Angel Berardo (Unidad Integrada INTA-FCA Balcarce)

En la campaña 2005/06, la región Sur de Santa Fe del movimiento CREA, con la colaboración de INPOFOS 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 ocho ensayos de soja de segunda sobre trigo. Cuatro ensayos provenían de maíz (rotación maíz-trigo/soja) y cinco de soja de primera (rotación maíz-soja-trigo/soja). Los objetivos específicos para esta campaña fueron:

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

Materiales y Métodos

Los ocho ensayos se establecieron en lotes bajo siembra directa de varios años ubicados en establecimientos de los distintos grupos CREA de la región Sur de Santa Fe en las provincias de Santa Fe y Córdoba en la campaña 2000/01 (Tabla 1). En la campaña 2000/01 se sembró maíz en los ocho ensayos. En la campaña 2001/02 cuatro de estos ensayos se sembraron con soja de primera (rotación maíz-soja-trigo/soja, M-S-T/S) y los otros cuatro con trigo/soja (rotación maíz-trigo/soja, M- 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 2005/06 a la siembra del trigo, para el doble cultivo trigo/soja, se indican en la Tabla 2. Los seis tratamientos establecidos fueron similares en los ocho 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 de trigo, se muestrearon tratamientos selectos en los tres bloques para determinar: P Bray en capa superficial (0-20 cm); y 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.

Se determinó el contenido de agua del suelo a 0-100 cm de profundidad a la madurez fisiológica del trigo, y la floración y madurez fisiológica de la soja en el tratamiento 5 (NPS).

En madurez fisiológica se determinó el número de plantas por m² y vainas por planta. 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 m², vainas por planta y peso de mil granos, se estimó el número de granos por vaina y por m². En todos los tratamientos se tomaron muestras de grano para evaluar la concentración de nutrientes (información no presentada).

Resultados

Rendimientos y respuestas a la fertilización

La disponibilidad de agua en el suelo a la madurez del cultivo de trigo antecesor fue elevada en todos los sitios, lo que contribuyó a una buena implantación del cultivo pese a las bajas precipitaciones registradas en Diciembre (Tabla 1). Considerando las precipitaciones promedio de Diciembre a Marzo, se lograron 7.2 y 7.9 kg soja por mm de agua para las rotaciones M-S-T/S y M-T/S, respectivamente. Para el mismo periodo de precipitaciones, las eficiencias de uso de agua (promedio para los ocho sitios) fueron de 5.7, 7.8, 7.2, 6.3, 8.1 y 8.2 kg/ha por mm, para los tratamientos Testigo, PS, NS, NP, NPS y Completo, respectivamente.

Los rendimientos, respuestas y el análisis estadístico se presentan en la Tabla 4. Se observaron respuestas significativas a los tratamientos de fertilización en los ocho sitios. Las respuestas promedio a N, P, S y otros nutrientes fueron de 141, 369, 697 y 26 kg/ha, respectivamente (Fig. 1).

Los sitios bajo rotación M-T/S mostraron respuestas significativas a P (Balducci), a S (Balducci, El Pilarcito), y a la interacción NPS (La Marta y San Alfredo). En los sitios bajo la rotación M-S-T/S, las respuestas fueron significativas a S (La Blanca, Lambare), PS y NS (La Hansa) y NPS (San Antonio).

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 promedio entre los tratamientos NPS y Testigo fueron de 194 y 546 kg/ha para los ensayos en rotación M-T/S en 2001/02 y rotación M-S-T/S en 2002/03, respectivamente, y de 1123 y 744 kg/ha en esta campaña 2005/06, para las mismas rotaciones.

El número de granos por m² fue el componente de rendimiento mas afectado por los tratamientos de fertilización, presentando diferencias significativas en siete de ocho sitios (Tablas 5 y 6). Este componente se asoció estrechamente con el rendimiento en grano ($R^2=0.826$; Fig. 2a). Por otra parte, el peso de mil granos mostró diferencias entre tratamientos en cuatro de los ocho sitios y no se asocio significativamente con el rendimiento ($r=0.338$) (Fig. 2b). El número de granos por vaina disminuyo con el aumento del número de vainas por m² (Fig. 3).

Considerando los 24 sitios de las cuatro campañas con soja 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 del trigo (Fig. 4), indica que:

- ✓ El 86% de los sitios con P Bray menor de 13 mg/kg presentaron rendimientos relativos menores del 95%
- ✓ De los 4 sitios con P Bray entre 13 y 18 mg/kg, el 66% presentó rendimientos relativos menores del 95%
- ✓ Solamente uno de los siete sitios con P Bray superior a 18 mg/kg presento un rendimiento relativo menor del 95%.

Las respuestas a S se relacionaron con la concentración de S-sulfatos a 0-20 cm a la siembra de trigo, y con la cantidad de S-sulfatos a 0-60 cm + el S aplicado como fertilizante también a la siembra del trigo. En general, los niveles de S-sulfatos a la siembra del trigo fueron muy bajos, menores de 10 mg/kg a 0-20 cm. Las respuestas a S en la soja de segunda fueron superiores a 300 kg/ha en el 75% de los sitios con niveles de S-sulfatos menores de 10 mg/kg. Solamente uno de los cuatro sitios con niveles de S-sulfatos superior a 10 mg/kg mostró respuesta a S mayor de 300 kg/ha (Fig. 5).

La Fig. 6. muestra la relación entre la disponibilidad de S a la siembra de trigo (S-sulfatos a 0-60 cm + S aplicado como fertilizante) con los rendimientos obtenidos en soja de segunda (Fig. 6). Rendimientos de soja de segunda de 2500 kg/ha o superiores se alcanzan con 60 kg/ha de S disponible a la siembra del trigo antecesor.

Conclusiones

1. Se observaron respuestas significativas a los tratamientos de fertilización en los ocho sitios. Las respuestas promedio a N, P, S y otros nutrientes fueron de 141, 369, 697 y 26 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 m² se relacionó significativamente con el rendimiento en grano, no así el peso de mil granos.
4. Considerando los 24 sitios de las cuatro campañas de soja de segunda evaluadas en la Red de Nutrición, se obtuvieron relaciones significativas entre el rendimiento y el nivel de P Bray a la siembra de trigo con un rango crítico de 13 18 mg/kg por debajo del cual la probabilidad de respuesta es elevada.
5. La probabilidad de respuesta de la soja de segunda a la fertilización azufrada en el trigo fue del 75% cuando la concentración de S-sulfatos a 0-20 cm a la siembra del trigo fue inferior a 10 mg/kg.
6. Disponibilidades de S (suelo + fertilizante) superiores a 60 kg/ha a la siembra del trigo generalmente resultaron en rendimientos de soja de segunda mayores de 2500 kg/ha.

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, antesis y madurez fisiológica y precipitaciones durante el ciclo del cultivo. Ensayos CREA Sur de Santa Fe, Trigo-Soja de segunda 2005/06.

Establecimiento	Balducci	El Pilarcito	La Blanca	La Hansa	La Marta	Lambare	San Alfredo	San Antonio
CREA	Teodelina	María Teresa	Gral. Baldissera	Armstrong-Montes de Oca	Canals	San Jorge-Las Rosas	Santa Isabel	Rosario
Serie Suelo	Santa Isabel	Cafferata	La Bélgica	Bustinza	Canals	Los Cardos	Hughes	Maciel
Labranza	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
Años agricultura	+ 60	9	11	26	43	9	11	9
Antecesor	Maíz	Maíz	Soja I	Soja I	Maíz	Soja I	Maíz	Soja I
Variedad Soja II	DM 3700	ALM 3530	DM 3700	DM 3700	DM 3700	P 94 B 73	DM 4200	DM 4200
Fecha de siembra	20/12/05	28/12/05	14/12/05	28/11/05	10/12/05	29/11/05	15/12/05	29/11/05
Densidad (sem/m)	14	14	22	20	21	20	24	23
Distancia entre surcos (cm)	21	21	52	52	52	52	52	52
Fecha de Cosecha	4/5/06	6/5/06	23/4/06	15/4/06	17/4/06	18/4/06	6/5/06	22/4/06

Tabla 1. Información de manejo y de sitio, lámina de agua en el suelo a la siembra, antesis y madurez fisiológica y precipitaciones durante el ciclo del cultivo. Ensayos CREA Sur de Santa Fe, Trigo/Soja de segunda 2005/06 (continuación).

Establecimiento	Balducci	El Pilarcito	La Blanca	La Hansa	La Marta	Lambare	San Alfredo	San Antonio
	<i>Lámina de agua en el suelo</i>							
Madurez fisiológica del trigo (mm) (0-100 cm)	301	536	355	480	493	457	367	466
Floración de soja (mm) (0-100 cm)	287	275	268	576	182	516	391	578
Madurez fisiológica de soja (mm) (0-100 cm)	374	505	499	683	540	582	468	694
	<i>Precipitaciones</i>							
Abril 2005	35	50	34	72	22	89	50	100
Mayo	0	3	11	6	5	2	6	0
Junio	8	18	14	11	2	37	30	41
Julio	38	15	9	11	0	28	19	55
Agosto	41	30	28	5	18	54	38	37
Septiembre	13	76	57	67	59	23	51	52
Octubre	62	82	131	60	121	70	74	68
Noviembre	115	35	46	85	110	132	154	80
Diciembre	10	22	34	138	44	26	58	117
Enero 2006	108	88	66	88	70	104	100	82
Febrero	69	135	160	205	140	140	108	166
Marzo	97	79	90	119	80	102	81	88
Abril	68	127	266	89	160	96	78	140
Diciembre-Marzo	284	324	350	550	334	372	347	453

Tabla 2. Tratamientos establecidos a la siembra de trigo en los ocho sitios experimentales.

Tratamiento	1	2	3	4	5	6
Nombre	Testigo	PS	NS	NP	NPS	NPSMgK Micros
	Fertilizante (kg/ha)					
FMA		204		204	204	204
Urea			261	217	217	217
Azufertil (19%)		126	126		126	126
Oxido de magnesio (36%)						35
Cloruro de potasio						40
B10						10
Zn 40						5
Cu25						8
Fertilizante total	0	330	387	421	547	622
	Nutrientes (kg/ha)					
N		20	120	120	120	120
P		46		46	46	46
K						
Mg						12
S		24	24		24	24
B						1
Zn						2
Cu						2

Tabla 3. Análisis de suelo previos a la siembra del trigo, Campaña 2005/06. Red de Nutrición CREA Sur de Santa Fe. Promedios de dos repeticiones.

Ensayo	Tratamiento	P	N-NO ₃	N-NO ₃	S-SO ₄	S-SO ₄
		ppm	ppm	kg/ha	ppm	kg/ha
		0-20 cm	0-20 cm	0-60 cm	0-20 cm	0-60 cm
Balducci	PS		15.1	72		
	NS	10.6				
	NP				6.5	49
	NPS	15.6	14.0	72	9.2	64
El Pilarcito	PS		13.0	79		
	NS	9.8				
	NP				9.7	60
	NPS	16.8	27.8	128	12.0	65
La Blanca	PS		27.0	135		
	NS	20.6				
	NP				8.4	47
	NPS	28.7	34.9	169	11.3	65
La Hansa	PS		10.5	64		
	NS	24.0				
	NP				7.1	43
	NPS	44.2	24.5	118	11.9	60
La Marta	PS		10.0	51		
	NS	8.7				
	NP				9.7	68
	NPS	22.0	17.25	71	20.9	145
Lambare	PS		29.9	147		
	NS	39.7				
	NP				8.0	53
	NPS	60.0	21.4	119	9.0	61
San Alfredo	PS		22.0	91		
	NS	12.1				
	NP				19.6	85
	NPS	40.3	48.3	223	13.6	102
San Antonio	PS		28.8	125		
	NS	9.0				
	NP				7.4	52
	NPS	24.1	44.5	176	12.0	76

Tabla 4. Rendimientos de soja de segunda para los seis tratamientos evaluados y respuestas a N, P, S, NPS y otros nutrientes en los ocho ensayos. Promedios de tres repeticiones.

a. Rotación Maíz-Trigo/Soja

Tratamiento	Balducci	El Pilarcito	La Marta	San Alfredo	Promedio
Rendimientos (kg/ha)					
Testigo	1743 d	2655 bc	2432 d	2424 c	2314
PS	3155 a	3055 a	3136 b	3434 b	3195
NS	2534 c	2892 ab	2874 c	3224 b	2881
NP	1628 d	2460 c	2842 c	3259 b	2547
NPS	2951 ab	3115 a	3625 a	4053 a	3436
Completo	2836 bc	3062 a	3627 a	4140 a	3416
DMS (5%)	304	268	265	425	-
Respuestas (kg/ha)					
N	-204	60	489	619	241
P	417	223	751	829	555
S	1323	655	784	794	889
PS	1412	399	704	1010	881
NS	791	236	442	800	567
NP	-115	-195	410	835	234
NPS	1208	460	1194	1629	1123
Otros ##	-115	-53	2	87	-20

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 4. Rendimientos de soja de segunda para los seis tratamientos evaluados y respuestas a N, P, S, NPS y otros nutrientes en los ocho ensayos. Promedios de tres repeticiones (continuación).

b. Rotación Maíz-Soja-Trigo/Soja

Tratamiento	La Blanca	La Hansa	Lambare	San Antonio	Promedio
	Rendimientos (kg/ha)				
Testigo	1866 b	1856 c	2349 ab	1747 c	1954
PS	2546 a	3204 a	2493 a	2388 ab	2658
NS	2303 ab	3133 a	2357 ab	2273 ab	2516
NP	2010 b	2491 b	2251 b	2023 bc	2194
NPS	2655 a	3170 a	2455 a	2514 a	2698
Completo	2645 a	3271 a	2493 a	2673 a	2771
DMS (5%)	480	297	170	245	-
	Respuestas (kg/ha)				
N	109	-34	-38	126	41
P	352	37	98	241	182
S	644	679	204	491	505
PS	679	1348	144	641	703
NS	437	1276	8	526	562
NP	144	635	-98	276	239
NPS	788	1314	106	767	744
Otros ##	-9	101	38	160	73

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 segunda (Peso mil granos, Granos por m², Vainas por m² y Granos por vaina) para los seis tratamientos evaluados en los ocho ensayos. Promedios de tres repeticiones.

Ensayo	Tratamiento	Peso mil granos (g)	Granos/m ²	Vainas/m ²	Granos/Vaina
Balducci	Testigo	151	1151	388	3.0
Balducci	PS	160	1972	469	4.2
Balducci	NS	154	1647	338	4.9
Balducci	NP	148	1102	268	4.3
Balducci	NPS	147	2004	373	5.4
Balducci	NPSMicro	146	1943	585	3.3
El Pilarcito	Testigo	140	1896	589	3.3
El Pilarcito	PS	137	2225	785	2.9
El Pilarcito	NS	139	2092	674	3.2
El Pilarcito	NP	139	1775	474	3.8
El Pilarcito	NPS	137	2280	863	2.7
El Pilarcito	NPSMicro	135	2274	663	3.9
La Blanca	Testigo	141	893	840	1.1
La Blanca	PS	139	1830	857	2.2
La Blanca	NS	135	1701	1032	1.6
La Blanca	NP	138	1457	876	1.7
La Blanca	NPS	140	1898	1017	1.9
La Blanca	NPSMicro	137	1938	917	2.1
La Hansa	Testigo	152	1222	987	1.3
La Hansa	PS	154	2080	1033	2.0
La Hansa	NS	158	1983	982	2.0
La Hansa	NP	159	1569	1160	1.4
La Hansa	NPS	161	1976	1103	1.8
La Hansa	NPSMicro	157	2079	1112	1.9
La Marta	Testigo	159	1533	667	2.3
La Marta	PS	161	1944	801	2.4
La Marta	NS	166	1731	560	3.1
La Marta	NP	167	1702	720	2.4
La Marta	NPS	180	2015	776	2.6
La Marta	NPSMicro	181	2004	587	3.4
Lambare	Testigo	153	1534	988	1.6
Lambare	PS	163	1532	778	2.0
Lambare	NS	165	1431	833	1.7
Lambare	NP	165	1368	713	1.9
Lambare	NPS	167	1473	905	1.6
Lambare	NPSMicro	163	1534	929	1.7
San Alfredo	Testigo	158	1534	1169	1.3
San Alfredo	PS	164	2096	1086	1.9
San Alfredo	NS	163	1977	1007	2.0
San Alfredo	NP	166	1964	1133	1.7
San Alfredo	NPS	166	2446	1076	2.3
San Alfredo	NPSMicro	173	2393	946	2.5

Tabla 5. Componentes de rendimiento de soja de segunda (Peso mil granos, Granos por m², Vainas por m² y Granos por vaina) para los seis tratamientos evaluados en los ocho ensayos. Promedios de tres repeticiones (continuación).

San Antonio	Testigo	155	1127	754	1.5
San Antonio	PS	151	1577	811	1.9
San Antonio	NS	155	1470	773	2.0
San Antonio	NP	157	1287	910	1.4
San Antonio	NPS	159	1584	854	1.9
San Antonio	NPSMicro	160	1671	802	2.1

Tabla 6. Resultados del análisis estadístico, como valores de DMS al 5% de probabilidad, de los componentes de rendimiento de soja de segunda (Peso mil granos, Granos por m², Vainas por m² y Granos por vaina) en los ocho ensayos.

Ensayo	Peso mil granos (g)	Granos/m ²	Vainas/m ²	Granos/Vaina
----- DMS (5%) -----				
Balducci	6.1	226.7	89.6	1.4
El Pilarcito	NS [#]	255.5	NS	NS
La Blanca	NS	630.4	NS	NS
La Hansa	4.2	191.6	NS	0.4
La Marta	6.8	173.9	74.7	0.4
Lambaré	7.0	NS	NS	NS
San Alfredo	NS	323.8	NS	0.6
San Antonio	NS	270.4	NS	NS

[#] Indica diferencias no significativas entre tratamientos al nivel de probabilidad del 5%.

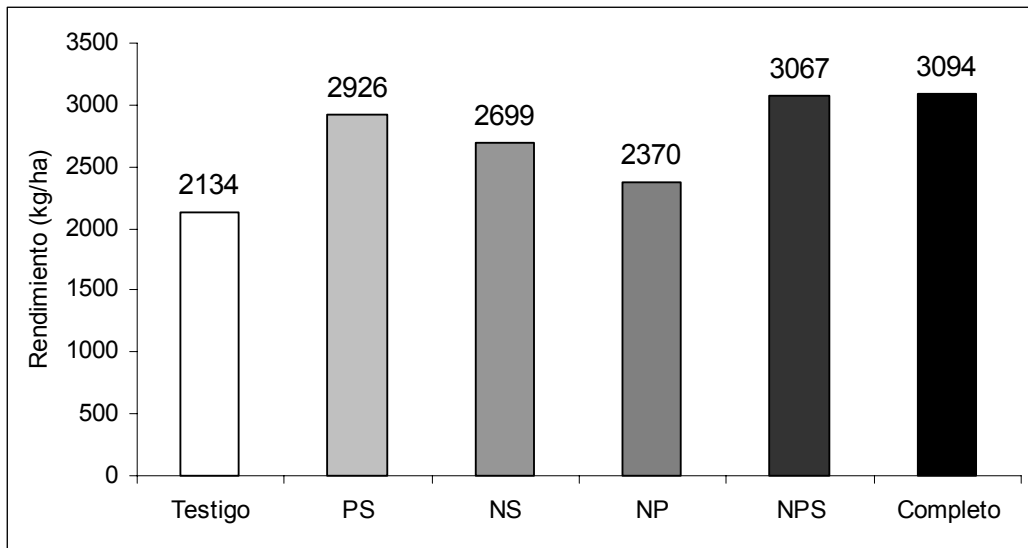


Fig. 1. Rendimientos promedios de soja de segunda para los seis tratamientos en los ocho sitios evaluados. Ensayos Zona CREA Sur de Santa Fe 2005/06.

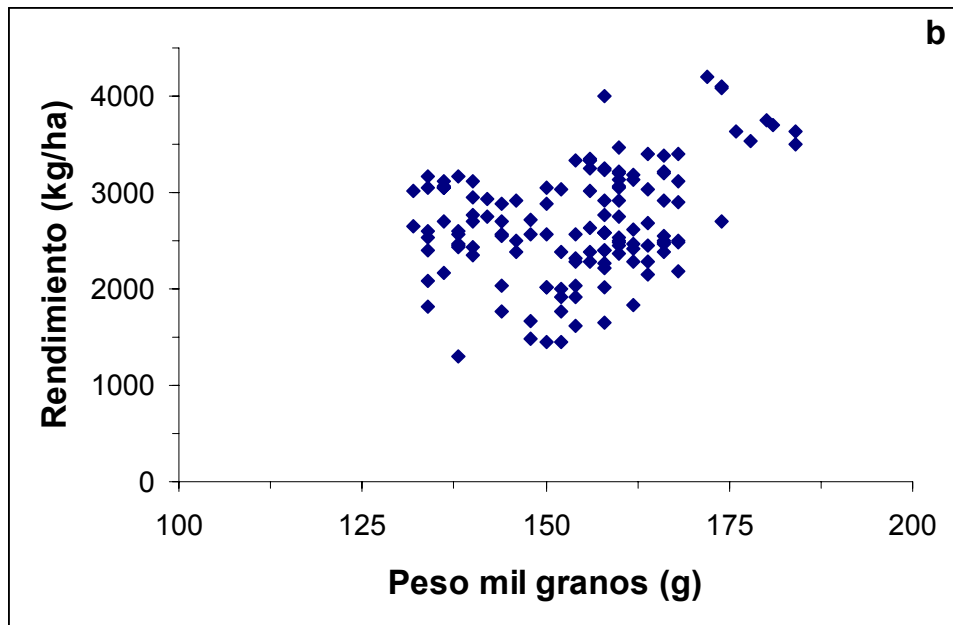
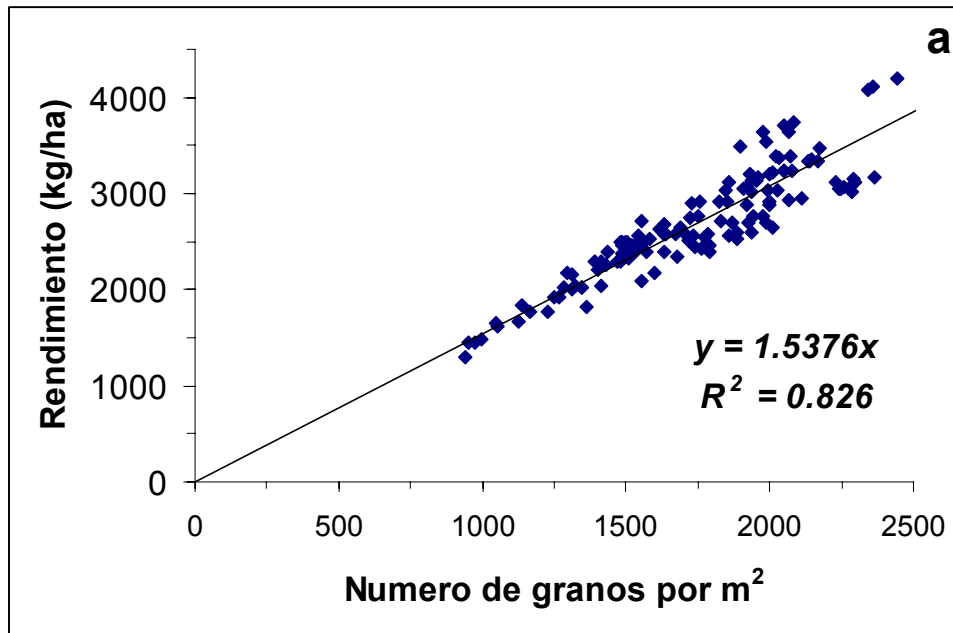


Fig. 2. Relaciones entre el rendimiento y el número de granos por m² (a), y el peso de mil granos (b) en soja de segunda. Ensayos Zona CREA Sur de Santa Fe 2005/06.

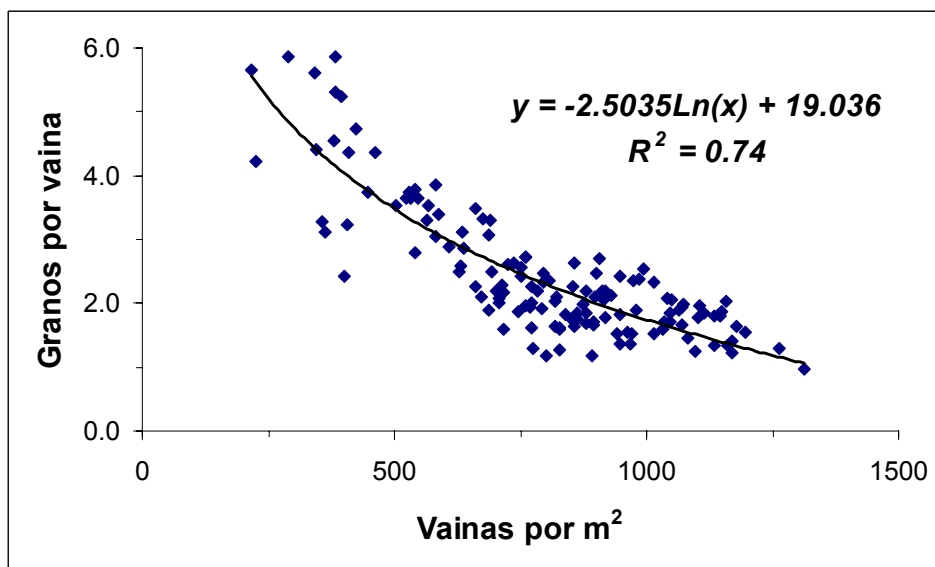


Fig. 3. Relación entre el número de granos por vaina y el número de granos por m² en soja de segunda. Ensayos Zona CREA Sur de Santa Fe 2005/06.

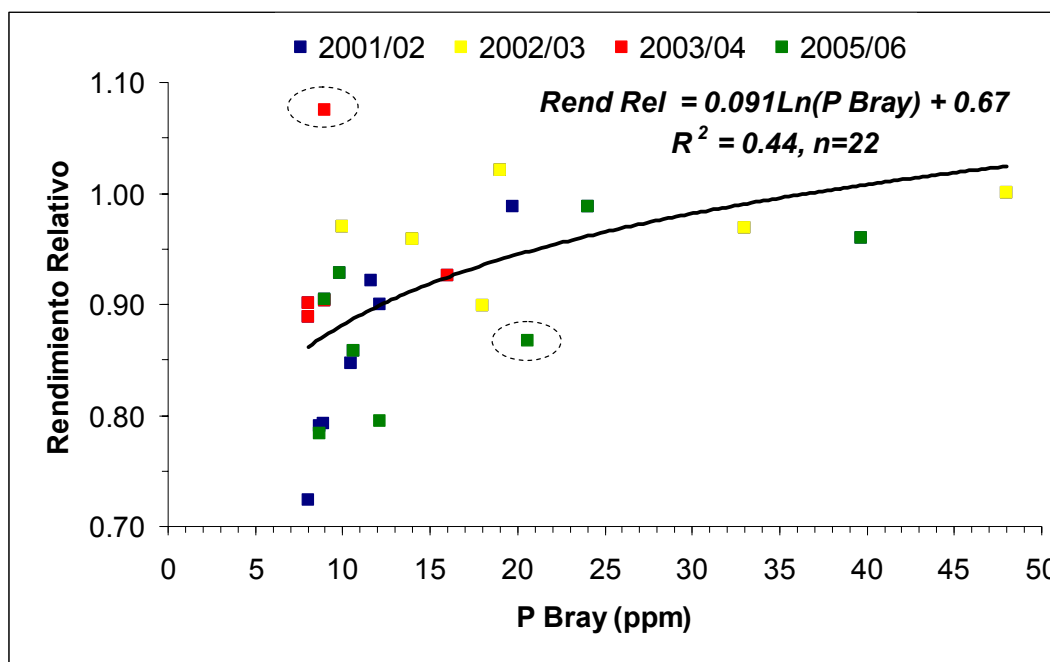


Fig. 4. Rendimiento relativo de soja de segunda (rendimiento NS/Rendimiento NPS) en función del nivel de P Bray a 0-20 cm de profundidad a la siembra de trigo. Los puntos con círculos fueron excluidos del ajuste. Ensayos Región CREA Sur de Santa Fe, 2001/02, 2002/03, 2003/04 y 2005/06.

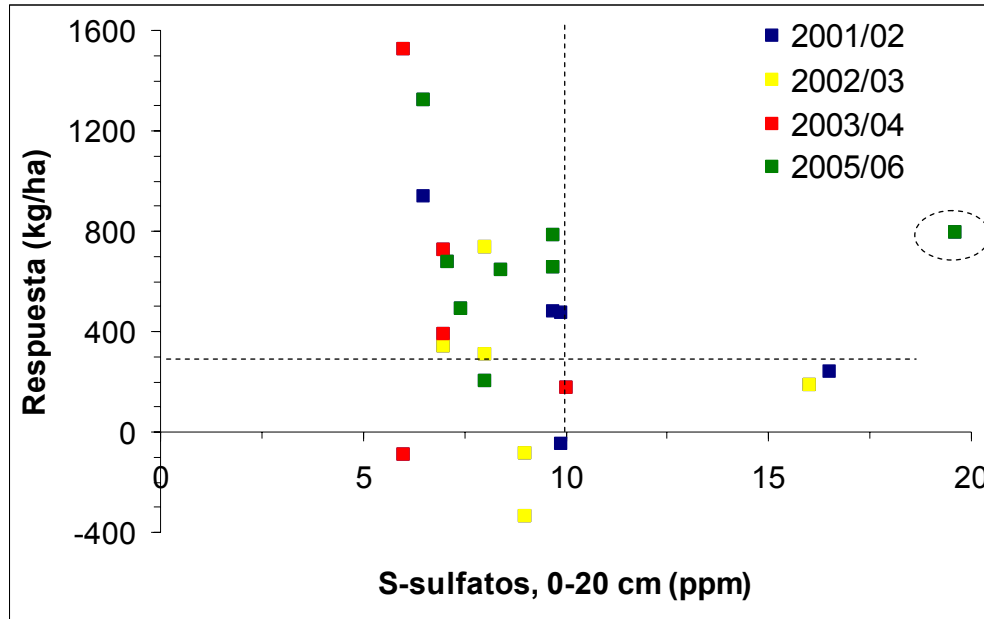


Fig. 5. Respuesta a la fertilización azufrada en soja de segunda en función del nivel de S-sulfatos a 0-20 cm de profundidad a la siembra de trigo. La respuesta incluye efectos residuales de fertilizaciones anteriores y directos de la fertilización del año. Los puntos con círculos fueron excluidos del ajuste. Ensayos Región CREA Sur de Santa Fe, 2001/02, 2002/03, 2003/04 y 2005/06.

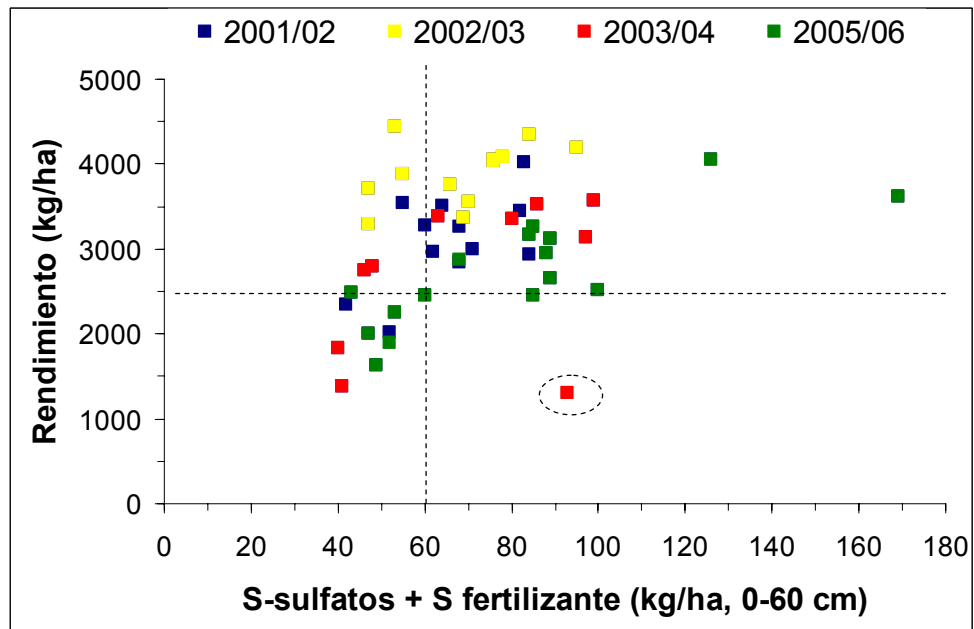


Fig. 6. Rendimiento de soja de segunda en función de la disponibilidad de S-sulfatos en pre-siembra (0-60 cm) + S aplicado como fertilizante en trigo. Los puntos con círculos fueron excluidos del ajuste. Ensayos Región CREA Sur de Santa Fe, 2001/02, 2002/03, 2003/04 y 2005/06