

**Red de Ensayos en Nutrición de Cultivos**  
**Región CREA Sur de Santa Fe**  
**Resultados de la campaña 2001/02: Soja I y Soja II**

*Preparado por Alejandro Thomas (Asesor CREA Gral. Baldissera), Miguel Boxler (Asesor Privado), Belisario Alvarez de Toledo (Coordinador Zonal), Raúl Houssay (CREA María Teresa), Luciano Martín (Agroservicios Pampeanos), Angel Berardo (Unidad Integrada INTA-FCA Balcarce) y Fernando O. García (INPOFOS Cono Sur)*

En la campaña 2001/02, la zona Sur de Santa Fe del movimiento CREA, con el auspicio de Agroservicios Pampeanos (ASP), continuo 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 de los seis ensayos de soja de primera (Soja I) y los de cinco ensayos de soja de segunda (Soja II) de la campaña 2001/02.

Los objetivos específicos para estos ensayos fueron:

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

### **Materiales y Métodos**

La Red de Ensayos se distribuye en establecimientos de los CREA Sur de Santa Fe en el sur de Santa Fe y sudeste de Córdoba.

De los seis ensayos de soja I, La Blanca, San Antonio y Santo Domingo se implantaron sobre las mismas parcelas de la campaña 2000/01, es decir que

este es el segundo año con los mismos tratamientos de fertilización. Los otros tres ensayos, La Hansa, La Lira y Lambaré, se iniciaron con la soja de primera de esta campaña 2001/02 (Tabla 1).

Los ensayos de soja II fueron establecidos en la campaña 2000/01 con maíz, excepto el ensayo de San Alfredo, que se inició con trigo en la campaña 2001/02 (Tabla 2).

La cantidad de nutrientes y los fertilizantes aplicados a la siembra de soja I o del trigo (ensayos soja II) en los seis tratamientos evaluados se indican en las Tablas 3 y 4, respectivamente. En los ensayos de Soja I establecidos en esta campaña 2001/02 (La Hansa, La Lira y Lambare), los tratamientos 2 y 5 son similares, por lo tanto los rendimientos de ambas parcelas se promediaron en cada bloque como rendimiento del tratamiento 2 (PS). En todos los casos, 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, utilizándose maquinaria del productor en todos los casos.

En los ensayos de Soja I, los análisis de suelo se realizaron a la siembra de la soja. En los ensayos establecidos en la campaña 2000/01, se evaluaron P Bray (0-20 cm), y S-sulfatos (0-60 cm) en dos bloques de tratamientos selectos. En los ensayos iniciados en esta campaña 2001/02, se realizó un análisis completo en los tres bloques en los cuales se determinó P Bray, materia orgánica, pH, bases intercambiables y micronutrientes en capa superficial (0-20 cm); y N-nitratos, y S-sulfatos a 0-20, 20-40 y 40-60 cm de profundidad..

En los ensayos de Soja II, los análisis de suelo se hicieron a la siembra del trigo antecesor determinándose P Bray (0-20 cm), S-sulfatos (0-20 cm) y N-nitratos (0-20 cm) en dos bloques de tratamientos selectos.

Se determinó el contenido de agua del suelo a 0-60 cm de profundidad a la siembra, en plena floración (R2) y madurez fisiológica (R8) en el tratamiento 5 (NPS).

Al estado de 4-6 hojas desarrolladas (V4-6) y plena floración (R2), se determinó el índice de verdor (IV) sobre el foliolo central de la última hoja desarrollada utilizando un Minolta SPAD 502 en los tratamientos 4 (NP) y 5 (NPS).

En todos los tratamientos se muestreó la última hoja completamente desarrollada al estado R2 (30 hojas por parcela). Estas muestras se secaron y se almacenaron para decidir posteriormente cuales serán analizadas (información no presentada).

A cosecha se determinó el rendimiento y la humedad de grano. Los rendimientos reportados se han corregido al 13.5% de humedad. En todos los tratamientos se tomaron muestras de grano para evaluar la concentración de nutrientes (información no presentada).

## Resultados

### *Análisis de suelo*

En las Tablas 5 y 6 se indican los resultados de los análisis de suelo previos a la siembra de los ensayos de Soja I, la Tabla 5 corresponde a los ensayos ya establecidos en la campaña 2000/01 y la Tabla 6 a los ensayos establecidos en esta campaña 2001/02. La Tabla 7 muestra los análisis de suelo realizados a la siembra de trigo en los ensayos de Soja II.

Para los ensayos de segundo año (establecidos en 2000/01), tanto de Soja I como de Soja II, no se observan efectos residuales importantes de la fertilización con N, P y S del año anterior. Esto puede deberse a la elevada remoción de N, P y S del maíz en la campaña 2000/01 que superó a las dosis de nutrientes aplicadas.

En los ensayos de Soja I, se observaron niveles de P disponible (P Bray I) medios a elevados. Solamente San Antonio presentó niveles cercanos a los umbrales críticos de P Bray para soja (12-14 ppm) determinados en experiencias realizadas en la región pampeana, el resto de los ensayos presentó niveles superiores a estos umbrales. La disponibilidad de S-sulfatos fue baja en La Blanca, y media a baja en Santo Domingo, La Hansa y La Lira.

Los análisis de suelo de los ensayos de Soja II se discutieron en el informe de Trigo 2001/02, fundamentalmente:

- La disponibilidad de P en todos los ensayos se encuentra cerca o por debajo del umbral de 12-14 ppm de P Bray mencionado para soja.
- Los análisis de S-sulfatos muestran disponibilidades medias a bajas de S en el suelo a la siembra de trigo.

### *Rendimientos y respuestas a la fertilización*

Los rendimientos promedio fueron de 3926 kg/ha para Soja I y de 3321 kg/ha para Soja II. El desarrollo de los cultivos de Soja I presentó períodos de baja disponibilidad de agua en Diciembre-Enero, en pre- y post-floración (Tabla 1). Por el contrario, las precipitaciones de fines de Enero y de Febrero (Tabla 2), aseguraron una adecuada disponibilidad de agua para los cultivos de Soja II en los períodos críticos de determinación del rendimiento.

En los ensayos de Soja I, los rendimientos promedio de los seis ensayos variaron entre 3200 kg/ha (San Antonio) y 4641 kg/ha (La Lira) (Tabla 8). Solamente el ensayo de **La Hansa** mostró diferencias significativas entre tratamientos: el rendimiento del tratamiento Testigo fue significativamente menor que los rendimientos de los tratamientos fertilizados. Esta diferencia se debe a un efecto de P y/o S. El ensayo de **La Blanca** mostró diferencias de magnitud por interacción NPS, pero estas diferencias no resultaron significativas. En los otros cuatro ensayos no se observaron diferencias entre tratamientos. La falta de respuesta a P, S y otros nutrientes en los ensayos de Soja I se explica a partir de los niveles suficientes de los nutrientes en suelo. Como se mencionó anteriormente solamente los niveles de S-sulfatos de La Blanca indicaban probabilidad de respuesta a S. Cabe destacar que en **San**

**Antonio** se registró una alta incidencia de enfermedades de fin de ciclo que seguramente afectaron los rendimientos.

En los ensayos de Soja II, los rendimientos promedio variaron entre 2950 kg/ha (La Marta) y 3872 kg/ha (El Fortín) (Tabla 9). Se observaron respuestas significativas a P en **El Fortín**, a S en **Balducci**, **El Fortín** y **San Alfredo**; y a la interacción NPS en **La Marta**. Estas respuestas se explican partir de las bajas disponibilidades a la siembra del trigo antecesor de P en El Fortín y La Marta y de S-sulfatos en Balducci, El Fortín, La Marta y San Alfredo. **El Pilarcito** no mostró respuestas a P, S o NPS a pesar de los bajos niveles de P Bray y S-sulfatos a la siembra de trigo.

En Balducci y El Fortín, los rendimientos del tratamiento NP fueron menores que los del tratamiento Testigo. Estas diferencias han sido observadas en ensayos previos de trigo/soja en situaciones de deficiencia de S, y pueden ser adjudicadas a la mayor demanda de S del trigo con NP respecto del trigo Testigo. En San Alfredo esta diferencia de rendimiento fue de menor magnitud y no significativa.

### ***Relaciones entre las variables de suelo y planta y los rendimientos y las respuestas a la fertilización***

A continuación se discuten algunas relaciones entre las variables de suelo y planta y las respuestas a P y S. Debe tenerse en cuenta que, en los ensayos de segundo año, las respuestas aquí indicadas involucran el efecto directo de la fertilización con N, P y S en los cultivos de trigo o de P y S en los de Soja I, mas el efecto residual de las aplicaciones de N, P y S en el maíz antecesor.

La respuesta a P no se correlacionó significativamente con el nivel de P Bray a 0-20 cm en el tratamiento NS (Fig. 1). El rango de P Bray de los once ensayos presenta un sesgo hacia niveles de P Bray superiores a los umbrales considerados críticos, dificultando la obtención de modelos de respuesta. De los once ensayos solamente cuatro presentaban niveles debajo de 12 ppm P Bray, entre los cuales uno (El Fortín) mostró respuesta a P y otro (La Marta) mostró respuesta a la interacción PS.

La respuesta a S se relacionó significativamente con la disponibilidad de S-sulfatos en kg/ha a 0-60 cm de profundidad (Fig. 2A) y S-sulfatos en ppm a 0-20 cm de profundidad (Fig. 2B). Considerando un costo de 160 kg de soja para 20 kg de S, el umbral crítico sería de 40 y 70 kg/ha de S-sulfatos (0-60 cm) para Soja I y Soja II, respectivamente. Para S-sulfatos (0-20 cm), los umbrales críticos serían de 4 y 14 ppm para Soja I y Soja II, respectivamente. Debe tenerse en cuenta que los umbrales para Soja II son para determinaciones a la siembra del trigo antecesor.

La determinación del índice de verdor (IV) con el Minolta SPAD 502 al estado de 4-6 hojas desarrolladas (V4-6) (Fig. 3A) y plena floración (R2) (Fig. 3B) no mostró una correlación significativa con la respuesta a la fertilización azufrada en Soja I o Soja II.

## Conclusiones

1. Las condiciones climáticas registradas permitieron alcanzar altos rendimientos tanto en Soja I como en Soja II.
2. En Soja I solamente un ensayo mostró respuesta significativa a la fertilización. La falta de respuestas a la fertilización se atribuye a la adecuada disponibilidad de P, S y otros nutrientes en el suelo.
3. En Soja II, se encontraron respuestas significativas a P en un ensayo, a S en tres ensayos, y a la interacción NPS en un ensayo. Las respuestas se relacionan con disponibilidades medias de P y bajas a medias de S-sulfatos.
4. Se obtuvieron relaciones significativas entre la respuesta a la fertilización azufrada y la disponibilidad de S-sulfatos en kg/ha a 0-60 cm y en ppm a 0-20 cm.
5. No se obtuvieron respuestas significativas a otros nutrientes (potasio, magnesio y micronutrientes).

## 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.

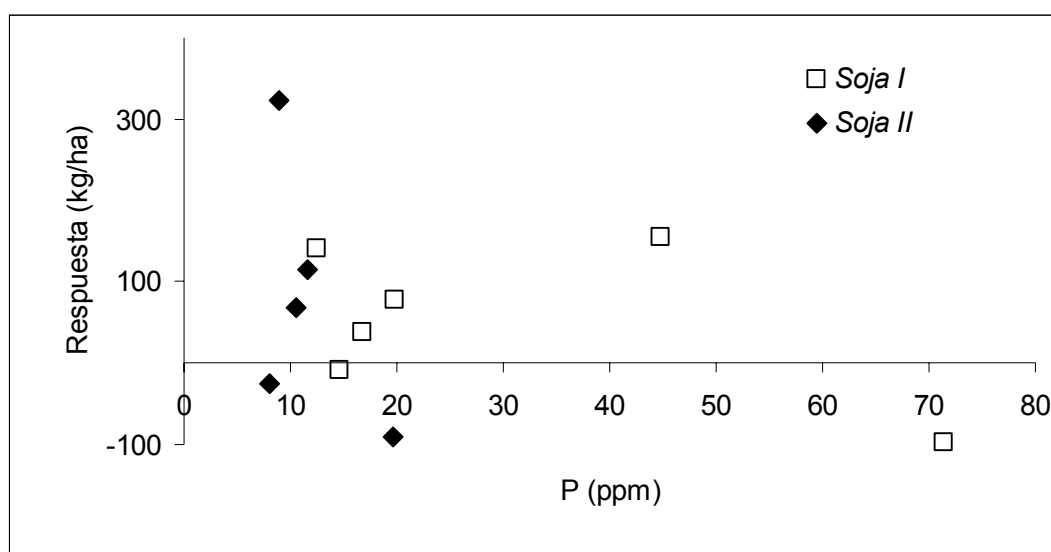


Fig. 1. Respuesta a la fertilización fosfatada en Soja I (símbolos vacíos) y Soja II (símbolos llenos) en función del nivel de P Bray (0-20 cm). Red de Nutrición Región CREA Sur de Santa Fe 2001/02.

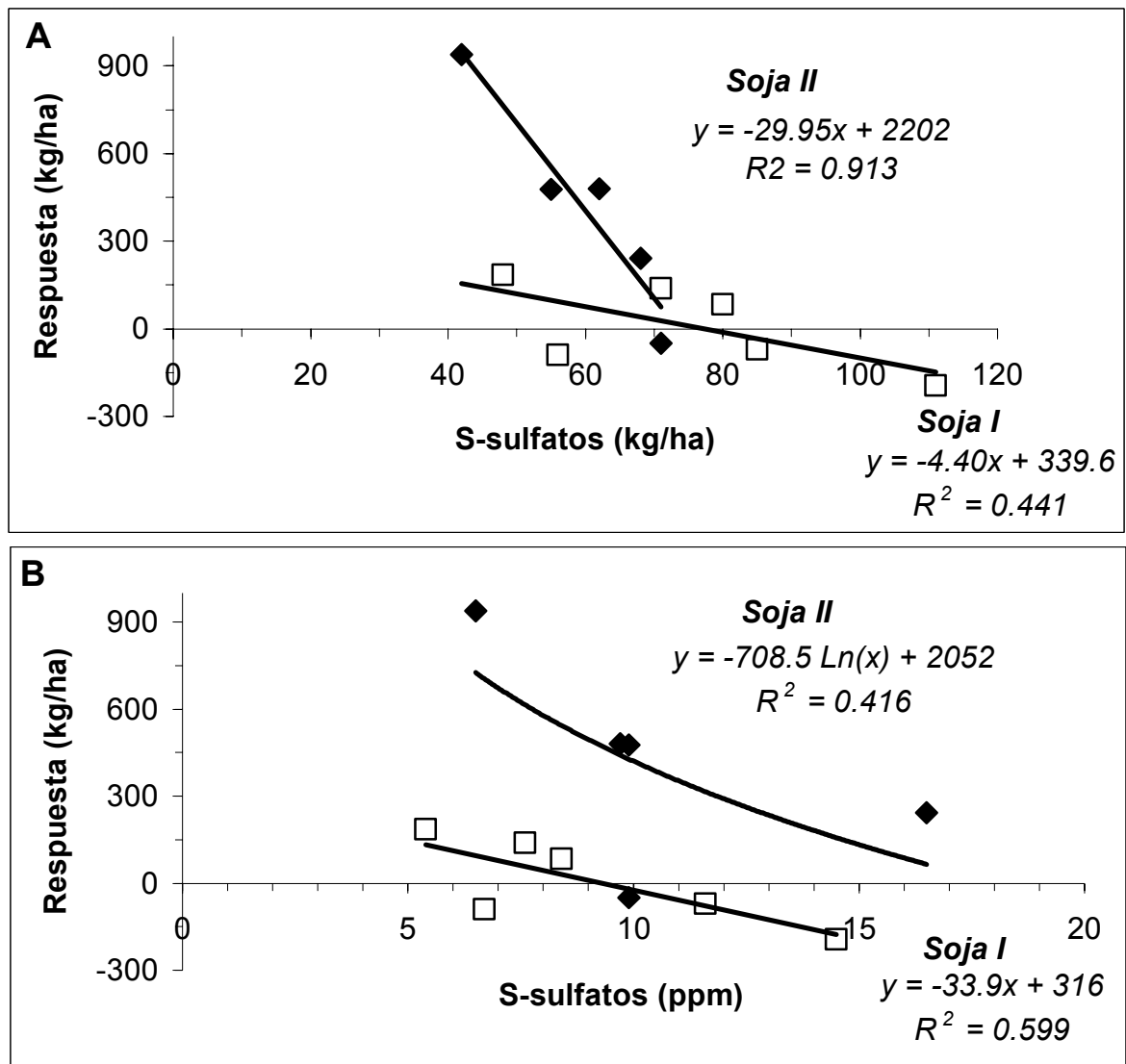


Fig. 2. Respuesta a la fertilización azufrada en Soja I (símbolos vacíos) y Soja II (símbolos llenos) en función de la disponibilidad de S-sulfatos en kg/ha de 0-60 cm. Red de Nutrición Región CREA Sur de Santa Fe 2001/02.

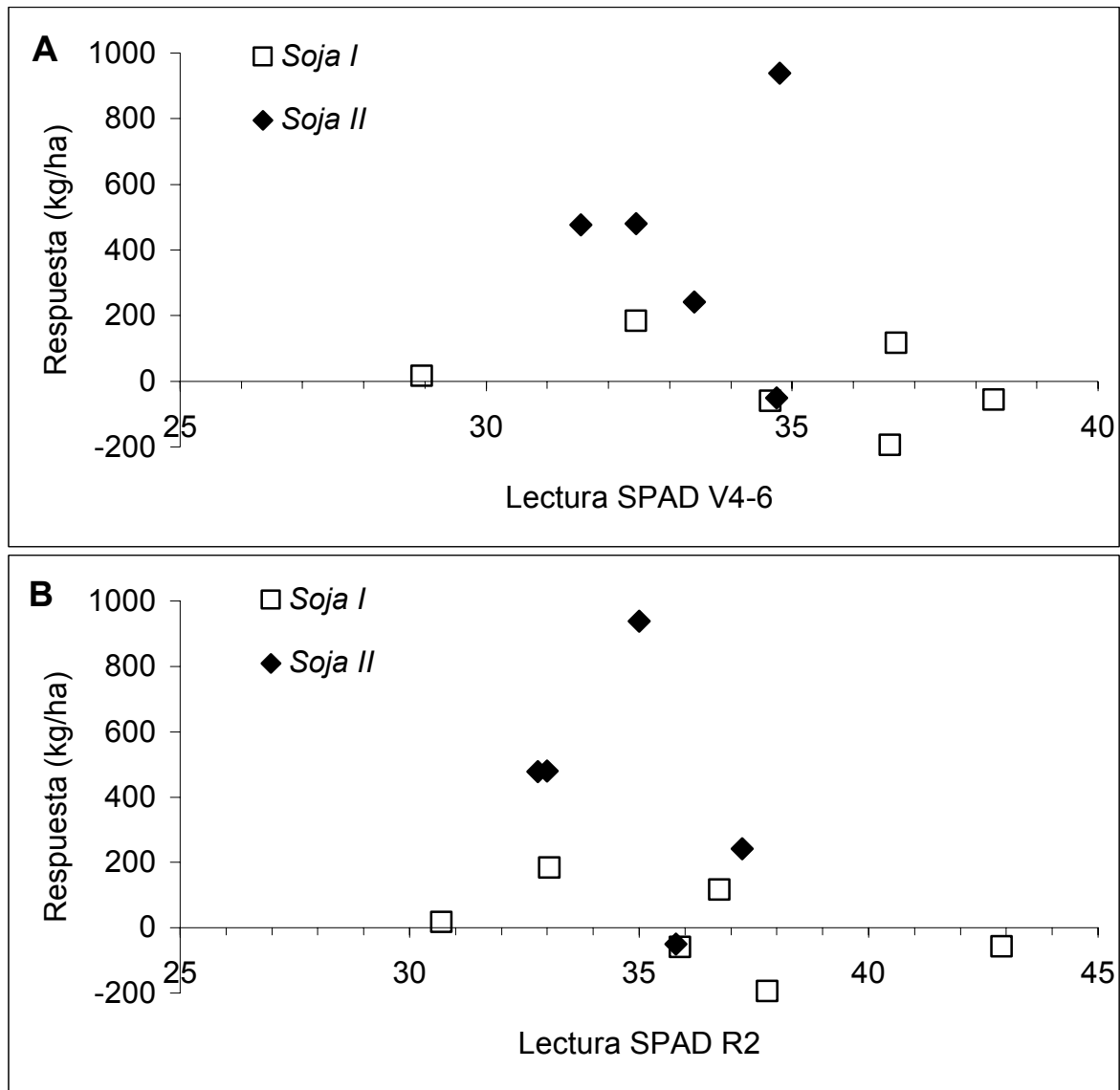


Fig. 3. Respuesta a la fertilización azufrada en función del índice de verdor (lectura SPAD) de la última hoja desarrollada en estado vegetativo, V4-6 (A) y plena floración, R2 (B) del tratamiento 4 (NP). Ensayos de soja I (símbolos vacíos) y soja II (símbolos llenos). Red de Nutrición Región CREA Sur de Santa Fe 2001/02.

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. Ensayos Soja I.

<b>CREA</b>	<b>Gral. Baldissera</b>	<b>Armstrong-Montes de Oca</b>	<b>La Cesira</b>	<b>San Jorge-Las Rosas</b>	<b>Rosario</b>	<b>Monte Buey-Inrville</b>
Establecimiento	La Blanca	La Hansa	La Lira	Lambare	San Antonio	Santo Domingo
Serie Suelo						
Labranza	SD	SD	SD	SD	SD	SD
Años agricultura	7		6	5	5	6
Antecesor	Maíz	Soja	Maíz	Maíz	Maíz	Maíz
Fecha de siembra	7/11	17/11	14/11	30/10	23/10	20/10
Variedad	Don Mario 4800					
Distancia entre surcos (cm)	52	70	42	70	70	52
Densidad (plantas/m lineal)	19	24	17	24	23	22
Fecha Plena Floración (R2)	2/1	12/1	10/1	28/12	23/12	20/12
Fecha de cosecha	22/4	21/4	24/4	23/3	6/4	2/4
<b>Agua en el suelo (mm) – Tratamiento NPS</b>						
Siembra (0-60 cm)	137	180	157	183	197	ND #
Floración (0-60 cm)	204	222	194	200	210	217
Madurez fisiológica (0-60 cm)	220	258	247	234	244	218
<b>Precipitaciones (mm)</b>						
Julio			0	0		0
Agosto			29	60		48
Septiembre			159	91		83
Octubre	51.5		138	154		138
Noviembre	68		36	98		80
Diciembre	177		81	92		125
Enero	220		138	69		120
Febrero	41		29	34		65
Marzo	120		185	79		195
Abril			91	70		129

# ND = No determinado

Tabla 2. 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. Ensayos Soja II.

<b>CREA</b>	<b>Teodelina</b>	<b>Gral. Arenales I</b>	<b>María Teresa</b>	<b>Canals</b>	<b>Santa Isabel</b>
Establecimiento	Balducchi	El Fortín	El Pilarcito	La Marta	San Alfredo
Serie Suelo	Santa Isabel	Santa Isabel	Cafferata	Canals	Hughes
Labranza	SD	SD	SD	SD	SD
Años agricultura	+ 60	5	7	41	12
Antecesor	Trigo				
Variedad	Don Mario 4800				
Fecha de siembra	11/12	16/12	12/12	16/12	12/12
Distancia entre surcos (cm)	52	21	52	35	40
Densidad (plantas/m lineal)	21	14	20	18	17
Fecha Plena Floración (R2)	31/1	6/2	2/2	6/2	2/2
Fecha de cosecha	7/5	7/5	3/5	27/4	6/4
<b>Agua en el suelo (mm) – Tratamiento NPS</b>					
Siembra (0-60 cm)	152	147	142	148	146
Floración (0-60 cm)	194	205	218	212	196
Madurez fisiológica (0-60 cm)	237	233	265	209	262
<b>Precipitaciones (mm)</b>					
Julio	0	7	0	0	4
Agosto	74	125	41	44	59
Septiembre	150	165	167	103	160
Octubre	234	235	101	175	156
Noviembre	83	77	69	42	113
Diciembre	138	58	50	90	69
Enero	164	194	149	185	90
Febrero	26	53	91	52	37
Marzo	174.5	189	185		153
Abril	45	121	75		103

Tabla 3. Tratamientos establecidos a la siembra de Soja I en los seis sitios experimentales.

Tratamiento	1	2 #	3	4	5 #	6
Nombre	Testigo	PS	NS	NP	NPS	NPSMgK Micros
	Fertilizante (kg/ha)					
FMA		137		137	137	137
Urea						
SulPoMag						95
Yeso gran. (17%)		124	124		124	
B						1##
Zn						8
Cu						2
Fertilizante total (kg/ha)	0	261	124	137	261	
	Nutrientes (kg/ha)					
N		14		14	14	14
P		30		30	30	30
K						21
Mg						10
S		21	21		21	21
B						1
Zn						8
Cu						1

# En los ensayos establecidos en esta campaña 2001/02 (La Hansa, La Lira y Lambare), los tratamientos 2 y 5 son similares. ## Los micronutrientes B, Cu, Zn y Mo se expresan como kg de nutriente ya que pueden usarse distintas fuentes como fertilizante.

Tabla 4. Tratamientos establecidos en los cinco sitios experimentales de Soja II sobre el trigo antecesor.

Tratamiento	1	2	3	4	5	6
Nombre	Testigo	PS	NS	NP	NPS	Completo
	Fertilizante (kg/ha)					
FMA		171		171	171	171
Urea			260	224	224	224
SulPoMag						90
Yeso gran. (17%)		118	118		118	
Zn (40%)						20
Fertilizante total (kg/ha)	0	289	378	395	513	505
	Nutrientes (kg/ha)					
Nitrógeno (N)		17	120	120	120	120
Fósforo (P)		37		37	37	37
Potasio (K)						18
Magnesio (Mg)						10
Azufre (S)		20	20		20	20
Zinc (Zn)						8

Tabla 5. Análisis de suelo previos a la siembra en los ensayos de Soja I que habían sido establecidos en la campaña 2000/01. Promedios de dos repeticiones.

Establecimiento	Tratamiento	P	S-sulfatos	S-sulfatos
		ppm	ppm	kg/ha
		0-20 cm	0-20 cm	0-60 cm
La Blanca	NS	19.8		
	NP		5.4	48
	NPS	12.05	5.1	44
San Antonio	NS	12.5		
	NP		14.5	111
	NPS	11.5	16.6	116
Santo Domingo	NS	16.7		
	NP		6.7	56
	NPS	13.5	9.0	67

Tabla 6. Análisis de suelo previos a la siembra en los ensayos de Soja I establecidos en la campaña 2001/02. Promedios de tres repeticiones.

Determinación	Unidades	Profundidad	La Hansa	La Lira	Lambare
		cm			
P	ppm	0-20	44.9	14.7	71.5
Materia orgánica	%	0-20	3.5	2.2	3.4
N-nitratos	ppm	0-20	20.9	11.4	19.8
N-nitratos	kg/ha	0-60	104	76	144
S-sulfatos	ppm	0-20	7.6	8.4	11.6
S-sulfatos	kg/ha	0-60	71	80	85
pH		0-20	5.7	5.5	5.6
Ca	meq/100 g	0-20	11.1	7.6	9.9
Mg	meq/100 g	0-20	2.3	1.6	3.0
K	meq/100 g	0-20	2.0	1.7	2.6
Na	meq/100 g	0-20	0.4	0.4	0.5
Zn	ppm	0-20	1.20	0.80	0.98
Fe	ppm	0-20	80	86	76
Cu	ppm	0-20	2.1	1.4	2.0
Mn	ppm	0-20	106	54	98
B	ppm	0-20	1.2	0.9	1.2

Tabla 7. Análisis de suelo previos a la siembra del trigo en los ensayos de Soja II. Promedios de dos repeticiones.

<b>Ensayo</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>P</b>	<b>N-N03</b>	<b>N-N03</b>	<b>S-S04</b>	<b>S-S04</b>
		<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
Balducci	Testigo	12.5	7.5	37	7.5	45
	NPS	8.5	10.0	44	5.4	40
El Fortín	Testigo	10.9			14.2	77
	PS		18.6	89	17.3	90
	NS	8.9				
	NP				9.9	55
	NPS	12.7	14.6	78	9.7	63
El Pilarcito	Testigo	7.2	11.8	52	7.1	44
	PS		11.7	48		
	NS	19.7				
	NP				16.5	68
	NPS	8.7	12.3	53	6.7	44
La Marta	Testigo	9.4				
	PS	13.5	14.4	63	8.7	69
	NS	8.0				
	NP	7.9	14.7	67	9.9	71
	NPS	9.1	16.1	73	9.7	64
San Alfredo	Análisis Inicial	11.6	3.6	76.9	9.7	62.2

Tabla 8. Rendimientos de Soja I para los seis tratamientos evaluados y respuestas a N, P, S, NPS y otros nutrientes en los cinco ensayos. Promedios de tres repeticiones.

Tratamiento	La Blanca	San Antonio	Santo Domingo	La Hansa	La Lira	Lambare	Promedio
<i>Rendimiento (kg/ha)</i>							
Testigo	3432	3085	4132	3828 b	4553	3666	3782
PS	3668	3198	4212	4232 a	4651	3726	3948
NS	3875	3036	4064	4093 a	4567	3796	3905
NP	3768	3371	4193	4077 a	4659	3823	3982
NPS	3953	3177	4103	-	-	-	3744
Completo	3809	3335	4137	4217 a	4778	3673	3991
DMS (5%)	ns	ns	ns	241	ns	ns	ns
Promedio	3751	3200	4140	4090	4641	3737	3926
<i>Respuestas (kg/ha)</i>							
N	285	-21	-109	-	-	-	52
P	78	141	39	155	-9	-97	51
S	185	-194	-90	139	84	-70	9
NPS	521	92	-29	404	98	61	191
Otros ##	-144	158	34	-15	128	-54	18

#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 9. Rendimientos de Soja II para los seis tratamientos evaluados y respuestas a N, P, S, NPS y otros nutrientes en los cinco ensayos. Promedios de tres repeticiones.

Tratamiento	Balducci	El Fortín	El Pilarcito	La Marta	San Alfredo	Promedio
<i>Rendimiento (kg/ha)</i>						
Testigo	2910 a	3911 ab	3476	2789 c	3131 bc	3243
PS	3196 a	4116 a	3503	2925 bc	3373 a	3422
NS	3210 a	3690 bc	3597	2967 ab	3329 ab	3359
NP	2339 b	3537 c	3264	2993 ab	2965 c	3020
NPS	3278 a	4014 a	3506	2942 ab	3445 a	3437
Completo	3196 a	3962 ab	3530	3083 a	3466 a	3448
DMS (5%)	497	308	ns	150	240	-
Promedio	3022	3872	3479	2950	3285	3321
<i>Respuesta (kg/ha)</i>						
N	82	-102	3	18	72	15
P	68	324	-91	-25	116	78
S	938	477	242	-50	480	417
NPS	367	103	30	154	314	194
Otros ##	-82	-52	24	141	21	11

# Rendimientos seguidos por las mismas letras en cada sitio no difieren significativamente al nivel de probabilidad de 5%. ## Otros incluye K, Mg y Zn.