

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

***Resultados de la campaña 2001/02: Trigo***

*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 observados en trigo en cinco ensayos que se destinaron a trigo/soja en la campaña 2001/02. Otros seis ensayos fueron destinados a soja de primera.

Los objetivos específicos para estos cinco ensayos fueron:

1. Evaluación de la respuesta a la fertilización nitrogenada (directa y residual) y de métodos de diagnóstico. Los métodos de diagnóstico evaluados fueron: disponibilidad de N-nitratos en pre-siembra, concentración de N-nitratos en jugo de base de tallos e índice de verdor (medidor de clorofila).
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 como método de diagnóstico.
4. Evaluación del rendimiento sin limitaciones nutricionales en cada uno de los sitios de experimentación.

## Materiales y Métodos

Los cinco ensayos que se reportan en este informe 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 (Tabla 1). Excepto el ensayo de San Alfredo, que se inició con este cultivo de trigo, los ensayos 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.

La cantidad de nutrientes y los fertilizantes aplicados a la siembra del trigo se indican en la Tabla 2. Los seis tratamientos establecidos fueron similares en los cinco sitios donde se implantaron los ensayos. 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, 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); y N-nitratos, y S-sulfatos a 0-20, 20-40 y 40-60 cm de profundidad. Se tomaron veinte "piques" por muestra superficial y 10 "piques" por muestra subsuperficial. En San Alfredo, primer año de ensayo, se muestrearon los tres bloques para determinar: Materia orgánica, P Bray, cationes intercambiables (calcio, magnesio, potasio, sodio), micronutrientes (zinc, cobre, hierro, manganeso) en capa superficial (0-20 cm); y N-nitratos, S-sulfatos y B-boratos a 0-20, 20-40 y 40-60 cm de profundidad.

Se determinó el contenido de agua del suelo a 0-100 cm de profundidad a la siembra y a 0-60 cm en floración y madurez fisiológica en el tratamiento 5 (NPS).

Al estado de macollaje se determinó la concentración de nitratos en jugo de base de tallos (NJBT) utilizando un equipo Nitratecheck en los tratamientos PS y NPS. En este estado de macollaje y en antesis, se determinó el índice de verdor (IVM e IVA, respectivamente) sobre la última hoja desarrollada utilizando un Minolta SPAD 502 en los mismos tratamientos PS y NPS.

En todos los tratamientos se muestreó la hoja bandera a antesis (30 hojas por parcela). Estas muestras se secaron y se almacenaron para decidir posteriormente cuales están serán analizadas (información no presentada).

A cosecha se determinó el rendimiento y la humedad de grano. Los rendimientos reportados se han corregido al 14% 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 3 y 4 se indican los resultados de los análisis de suelo previos a la siembra. Comparando los tratamientos que recibieron fertilización en el maíz de la campaña 2000/01 versus los que no recibieron, 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 general, los niveles de disponibilidad de N-nitratos fueron bajos a medios, ubicándose por debajo de los 100 kg/ha, cantidad de N disponible utilizada como nivel crítico por varios grupos CREA de la Zona Sur de Santa Fe.

En el tratamiento NS de El Pilarcito, se determinó un valor muy alto de P con respecto a los otros tratamientos, lo que puede deberse a un problema de “contaminación” con antiguas bandas de fertilizante fosforado. Para reducir la incidencia de este tipo de “contaminación”, que es común en muestreos de lotes bajo siembra directa, se recomienda extraer un mayor número de submuestras (“piques”) por muestra y de muestras por lote.

Tanto en La Marta como en San Alfredo el análisis de N a la siembra subestima la real disponibilidad de N del suelo, ya que en pre-siembra se aplicaron 100 kg/ha de N en forma amoniacal, la cual no fue cuantificada en el análisis de N-nitratos.

En el ensayo de San Alfredo (1er. Año), la disponibilidad de P es media a baja, el nivel de materia orgánica es normal para la zona, los niveles de N-nitratos y S-sulfatos son medios, y los otros nutrientes se ubican por arriba de los valores indicados como críticos en la literatura internacional.

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

En general, los cultivos fueron afectados por ataques de enfermedades foliares y *Fusarium* de intensidad variable que redujeron los rendimientos y el potencial de respuesta a las distintas fertilizaciones. Los efectos de *Fusarium* fueron mas marcados en los ensayos de siembra más temprana, como es el caso de La Marta, y de menor intensidad en los sembrados más tarde como El Fortín.

La evaluación de incidencia y severidad de enfermedades foliares y de incidencia de *Fusarium* realizada en Balducci por el Ing. Agr. Adrián Rovea, indica que, si bien todos los tratamientos tuvieron incidencia de enfermedades foliares, la severidad fue menor para los tratamientos fertilizados (Tabla 5). La incidencia de *Fusarium* varió entre tratamientos sin un patrón definido.

La disponibilidad de agua a la siembra fue elevada y las abundantes precipitaciones durante Agosto-October resultaron en inundaciones parciales y en el caso de El Pilarcito en pérdida de parcelas (Tabla 1).

Los rendimientos promedio para los seis tratamientos en los cinco sitios se muestran en la Fig. 1. Los rendimientos, respuestas y el análisis estadístico

se presentan en la Tabla 6. La Tabla 7 muestra las comparaciones entre tratamientos por contrastes ortogonales para evaluar el efecto de cada nutriente. En los cinco ensayos, los tratamientos NPS y Completo superaron al tratamiento Testigo pero no presentaron diferencias entre ellos, lo cual estaría indicando que no se manifestó respuesta significativa a ninguno de los tres nutrientes adicionales (K, Mg, Zn) aplicados.

Los rendimientos en **Balducci** no superaron los 3800 kg/ha, siendo estos inferiores al potencial del sitio, probablemente por el efecto de las enfermedades. El ensayo, con una historia agrícola de más de 60 años, presentó bajos niveles de disponibilidad de N-nitratos a la siembra y una significativa respuesta a N (1267 kg/ha) (Tablas 6 y 7). La concentración de NJBT fue muy baja en el tratamiento PS, un 6% de la concentración observada en el tratamiento NPS, demostrando la baja disponibilidad de N para el cultivo (Tabla 8). De la misma manera, el índice de verdor al macollaje y antesis fue del 83% y 79% en el tratamiento PS respecto del tratamiento NPS (Tabla 8). La respuesta a P también fue significativa de acuerdo a la disponibilidad media baja de P en suelo. La incidencia de enfermedades pudo haber limitado la respuesta potencial a S, teniendo en cuenta que el sitio presentaba bajos niveles de S-sulfatos y una prolongada historia agrícola.

En **El Fortín** se alcanzaron los rendimientos más elevados promediando 3825 kg/ha para los 6 tratamientos, probablemente por una menor incidencia de *Fusarium* al ser sembrado en una fecha más tardía (11/7/01). Cabe destacar que el maíz sembrado en este ensayo en la campaña 2000/01 sufrió una intensa granizada y los rendimientos cosechados fueron de 1400-3400 kg/ha, con lo cual gran parte de la fertilización realizada el año anterior puede haber quedado remanente en el suelo tal como parcialmente lo indican los niveles de Nitratos y Sulfatos a la siembra (Tabla 3). La respuesta a N no fue significativa probablemente por la residualidad del N aplicado al maíz, que no fue extraído en grano. Este ensayo fue el de mayor disponibilidad de N-nitratos a la siembra (78-89 kg/ha). Los IVM y IVA no mostraron diferencias de importancia entre los tratamientos PS y NPS (9-12%). La falta de respuesta a N no se correlaciona con la baja concentración de NJBT del tratamiento PS (Tabla 8). La respuesta a P fue significativa de acuerdo al nivel medio bajo de P Bray. La falta de respuesta a S podría explicarse a partir de la corta historia agrícola del lote (5 años de agricultura continua).

El ensayo de **El Pilarcito** fue muy afectado por excesos de agua que resultó en la inundación y pérdida total de todas las parcelas del Block 2 y de algunas del Block 3. La respuesta a N fue significativa pero no se observó respuesta a P y S. Es importante destacar el efecto de interacción NPS observado en este ensayo: la respuesta a NPS fue de 1500 kg/ha, mientras que las respuestas individuales a cada nutriente no superaron los 530 kg/ha. La respuesta a N se correlaciona con los bajos niveles de N-nitratos a la siembra, y de los índices de verdor y concentración de NJBT en el tratamiento PS. La pérdida de parcelas por inundación y la incidencia de *Fusarium* invalida en gran medida los resultados y el análisis de este ensayo.

En **La Marta**, la respuesta a P fue significativa de acuerdo a los niveles de P Bray (8,0 ppm) en suelo, pero no se observaron respuestas a N y S. Cabe aclarar que este lote recibió una fertilización con 100 kg/ha de N en pre-siembra (Mayo) que contribuyó a la falta de respuesta a la fertilización

nitrogenada. El ataque de *Fusarium* pudo haber limitado los rendimientos y las respuestas potenciales en este sitio donde no se superaron los 3700 kg/ha.

El ensayo de **San Alfredo** también recibió una aplicación pre-siembra de 100 kg/ha de N. La respuesta a N no fue significativa, reflejando los niveles medios a altos de índices de verdor y NJBT (Tabla 8). La respuesta a P fue significativa, mientras que la de S fue significativa al 10%.

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

Las relaciones entre las variables de suelo y planta y los rendimientos y las respuestas a la fertilización fueron afectadas por la incidencia de las enfermedades como se indicó anteriormente. Estos efectos pueden analizarse desde dos puntos de vista:

1. En situaciones de rendimientos limitados por factores no nutricionales, los requerimientos son menores y, por lo tanto, las respuestas a la fertilización se observan solamente con bajas disponibilidades de los nutrientes en el suelo.
2. Si la limitación para el rendimiento ocurre en estados avanzados, como por ejemplo debido a *Fusarium*, los cultivos, aún con diferencias importantes en acumulación de biomasa y nutrientes, no siempre muestran respuestas en producción de grano.

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

La respuesta a N se relacionó significativamente con la disponibilidad de N-nitratos a la siembra. Esta relación indica que no hubo respuestas a la fertilización nitrogenada con disponibilidades superiores a 80-100 kg/ha de N-nitratos a 0-60 cm (Fig. 2), por los bajos rendimientos mencionados.

La concentración de NJBT al macollaje, expresada como índice relativo entre los NJBT del tratamiento PS y el tratamiento NPS, se correlacionó significativamente con la respuesta a N; sin embargo, la respuesta disminuyó rápidamente con índices de NJBT aún muy bajos. Así, con índices superiores a 0.34 las respuestas a N fueron menores de 500 kg/ha (Fig. 3).

La respuesta a P se correlacionó significativamente con el nivel de P Bray a 0-20 cm en el tratamiento NS (Fig. 4). Nuevamente, como para N, las respuestas se observaron con niveles bajos de disponibilidad de P por los bajos rendimientos alcanzados, las respuestas mayores de 500 kg/ha se obtuvieron por debajo de 11-12 ppm de P Bray.

## Conclusiones

1. Las condiciones climáticas registradas resultaron en una alta incidencia de *Fusarium* y en inundaciones parciales de algunos ensayos. El ataque de *Fusarium* redujo el potencial de rendimiento y, por lo tanto, la respuesta a los distintos nutrientes.
2. Se encontraron respuestas significativas a N en dos ensayos y a P en 4 ensayos. Las respuestas a N se relacionaron con bajas disponibilidades de N-nitratos en suelo a la siembra y de concentración de N-nitratos en jugo de base de tallos al macollaje. La respuesta a P se relacionó con los niveles de P Bray en el suelo.
3. No se obtuvieron respuestas significativas a la fertilización azufrada, básicamente por los bajos rendimientos alcanzados, y tampoco se detectaron respuestas a los otros nutrientes (potasio, magnesio y zinc).

## 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.

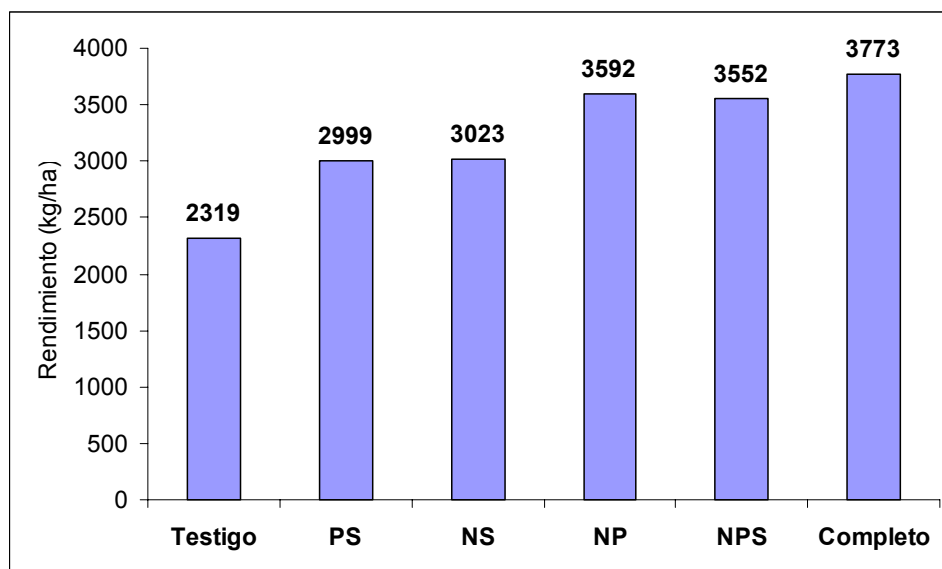


Fig. 1. Rendimientos promedio de trigo para los seis tratamientos en los cinco sitios evaluados. Ensayos Zona CREA Sur de Santa Fe 2001/02.

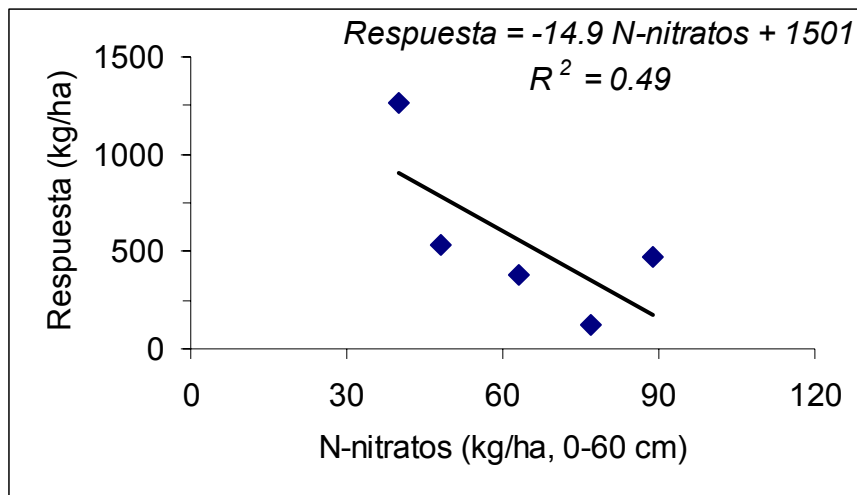


Fig. 2. Respuesta a la fertilización nitrogenada en función de la disponibilidad de N-nitratos a 0-60 cm de profundidad a la siembra. Ensayos Zona CREA Sur de Santa Fe 2001/02.

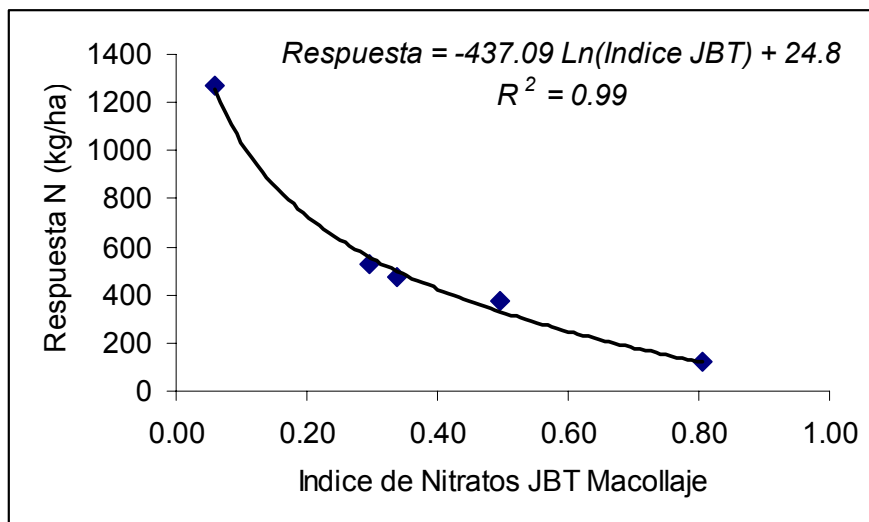


Fig. 3. Respuesta a la fertilización nitrogenada en función del índice de concentración de nitratos en jugo de base de tallos al macollaje (NJBT). El índice se calculó como la relación entre los NJBT del tratamiento PS y el tratamiento NPS. Ensayos Zona CREA Sur de Santa Fe 2001/02.

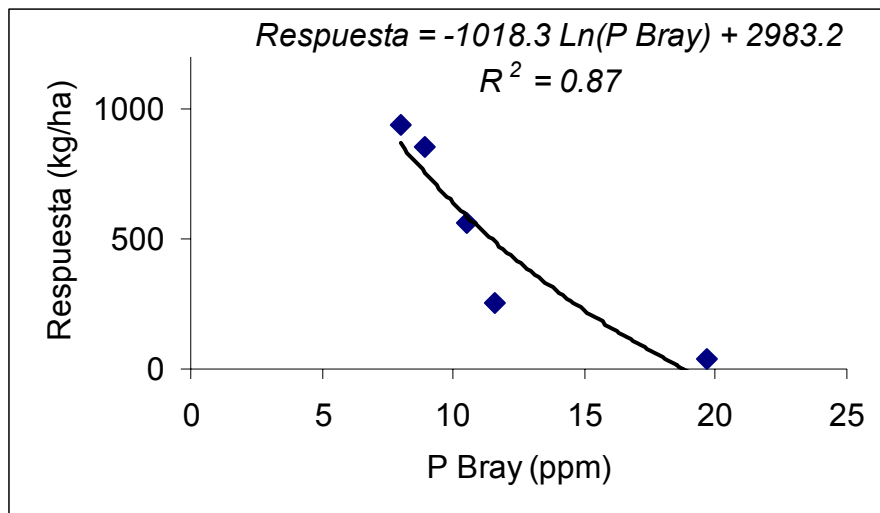


Fig. 4. Respuesta a la fertilización fosfatada en función del nivel de P Bray a 0-20 cm de profundidad a la siembra. Ensayos Zona CREA Sur de Santa Fe 2001/02.

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.

<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	Maíz				
Variedad	Klein Don Enrique				
Fecha de siembra	2/7	11/7	29/6	22/6	28/6
Distancia entre surcos (cm)	21	21	21	17.5	19
Densidad lograda (plantas/m <sup>2</sup> )	294	300	245	254	295
<b>Agua en el suelo (mm)</b>					
Siembra (0-100 cm)	245	225	312	159 #	-
Antesis (0-60 cm)	159	164	176	156	160
Madurez fisiológica (0-60 cm)	152	147	142	148	146
<b>Precipitaciones (mm)</b>					
Enero	284	223	100	102	171
Febrero	31	40	36	28	20
Marzo	328	247	372	224	293
Abril	127.5	116	58	139	89
Mayo	1	19	0	26	27
Junio	4.5	27	37	20	29
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

# 0-80 cm

Tabla 2. Tratamientos establecidos en los ocho sitios experimentales.

<b>Tratamiento</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
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 3. Análisis de suelo previos a la siembra del trigo en los ensayos de segundo año. 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
	Testigo	10.9			14.2	77
El Fortín	PS		18.6	89	17.3	90
	NS	8.9				
	NP				9.9	55
El Pilarcito	NPS	12.7	14.6	78	9.7	63
	Testigo	7.2	11.8	52	7.1	44
	PS		11.7	48		
La Marta	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				
La Marta	NP	7.9	14.7	67	9.9	71
	NPS	9.1	16.1	73	9.7	64

Tabla 4. Análisis de suelo previos a la siembra del trigo en San Alfredo (ensayo de primer año). Promedios de tres repeticiones.

<b>Determinación</b>	<b>Unidades</b>	<b>Profundidad</b>	<b>San Alfredo</b>
P Bray	ppm	0-20	11.6
Materia orgánica	%	0-20	3.6
N-nitratos	ppm	0-20	15.3
N-nitratos	kg/ha	0-60	76.9
S-sulfatos	ppm	0-20	9.7
S-sulfatos	kg/ha	0-60	62.2
Calcio	cmol/kg	0-20	11.0
Magnesio	cmol/kg	0-20	2.1
Potasio	cmol/kg	0-20	1.7
Sodio	cmol/kg	0-20	0.4
Zinc	ppm	0-20	1.7
Hierro	ppm	0-20	104.8
Cobre	ppm	0-20	1.8
Manganeso	ppm	0-20	103.3
Boro	ppm	0-20	0.8
Boro	ppm	20-40	0.7
Boro	ppm	40-60	0.7

Tabla 5. Incidencia y severidad de enfermedades foliares y Fusarium en el ensayo Balducci. Evaluación del Ing. Agr. Adrián Rovea (31/10/02).

<b>Tratamiento</b>	<b>Foliares</b>		<b>Fusarium</b>
	Incidencia	Severidad	Incidencia
	%	%	%
Testigo	100	25	2
PS	100	20	4.8
NS	89	15 - 18	3.3
NP	92	15 - 18	11
NPS	100	15 - 18	5.3
Completo	100	15 - 18	6

Tabla 6. Rendimientos de trigo 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	1878 d #	2963 d	1847 c	2238 c	2670 d	2319
PS	2381 c	3673 bc	2816 b	3014 b	3112 bc	2999
NS	3089 b	3287 cd	3306 a	2455 c	2976 c	3023
NP	3537 a	4275 ab	3449 a	3674 a	3026 bc	3592
NPS	3648 a	4144 ab	3347 a	3390 ab	3231 ab	3507
Completo	3738 a	4606 a	3531 a	3621 a	3367 a	3773
DMS (5%)	383	680	298	541	216	-
Promedio	3045	3825	3049	3065	3064	3202
<i>Respuesta (kg/ha)</i>						
N	1267	471	531	376	119	508
P	559	857	41	935	255	485
S	111	-131	-102	-284	205	-85
NPS	1770	1181	1500	1152	561	1188
Otros ##	90	462	184	231	136	265

# 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 7. Contrastes ortogonales.

Contraste #	Efecto ##	Balducci	El Fortín	El Pilarcito	La Marta	San Alfredo
<i>Pr &gt; F ###</i>						
NPS vs. PS	N	0.0001	0.1538	0.0391	0.1527	0.2462
NPS vs. NS	P	0.0088	0.0186	0.6770	0.0032	0.0251
NPS vs. NP	S	0.5359	0.6769	0.0830	0.2689	0.0608
Completo vs. NPS	Otros	0.6098	0.1605	0.0501	0.3634	0.1906

# Tratamientos que se comparan. ## Efecto nutricional que evalúa la comparación de tratamientos. ### Valores Pr>F menores a 0.0500 indican diferencias estadísticamente significativas al 5%.

Tabla 8. Lecturas de índice de verdor del Minolta SPAD 502 al macollaje y antesis y concentración de nitratos en jugo de base de tallos al macollaje en los tratamientos PS y NPS e índices relativos (valor PS/valor NPS) para cada variable en los cinco ensayos.

Ensayo	Índice de Verdor						Nitratos en Jugo de Base de Tallos		
	Macollaje			Antesis			Macollaje		
	PS	NPS	Índice Relativo	PS	NPS	Índice Relativo	PS	NPS	Índice Relativo
	<i>Lectura SPAD</i>			<i>Lectura SPAD</i>			<i>-- ppm NO<sub>3</sub> --</i>		
Balducci	34.9	42.2	0.83	31.0	39.3	0.79	133	2227	0.06
El Fortin	37.5	42.4	0.88	33.5	36.7	0.91	833	2460	0.34
El Pilarcito	35.3	42.2	0.84	33.9	41.0	0.83	627	2127	0.29
La Marta	42.2	44.2	0.96	35.4	41.7	0.85	1300	2629	0.49
San Alfredo	38.9	43.5	0.89	36.3	38.6	0.94	1880	2333	0.81