

Red de Nutrición CREA Sur de Santa Fe *

Resultados de la campaña 2002/03: Maíz

*Informe preparado por Alejandro Thomas (Asesor Privado), Miguel Boxler (Asesor Privado), Jorge Minteguiaga (Coordinador Zonal), Raúl Houssay (Miembro CREA María Teresa), Luciano Martín (Asesor Privado), Angel Berardo (Unidad Integrada INTA-FCA Balcarce) y Fernando O. García (INPOFOS Cono Sur)
minteguiaga@waycom.com.ar - fgarcia@inpofofos.org*

La adecuada nutrición de los cultivos permite optimizar la eficiencia de uso de los recursos e insumos utilizados en la producción. Conocer y solucionar las deficiencias nutricionales de los cultivos permite ajustar las prácticas de manejo, específicamente de fertilización, para alcanzar los rendimientos máximos económicos. La región Sur de Santa Fe del movimiento CREA, con la colaboración de INPOFOS Cono Sur y el auspicio de Agroservicios Pampeanos (ASP), implantó a partir de la campaña 2000/01 una red de ensayos a largo plazo, cuyos objetivos generales son:

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

En este informe se presentan los resultados de los cinco ensayos de maíz de la campaña 2002/03 y algunas relaciones entre las respuestas a N, P y S y los parámetros de suelo y planta evaluados considerando estos ensayos y los resultados obtenidos en la campaña 2000/01.

Materiales y Métodos

Los cinco ensayos que se reportan en este informe se establecieron en la campaña 2000/01 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). En la campaña 2000/01 se sembró maíz y en la campaña 2001/02 el doble cultivo trigo/soja. Los tratamientos de fertilización se realizan anualmente siempre sobre las mismas parcelas e incluyen un Testigo sin fertilizar, distintas combinaciones de N, P y S, y un tratamiento Completo con NPS más potasio (K), magnesio (Mg), boro (B), cobre (Cu) y/o zinc (Zn). La cantidad de nutrientes y los fertilizantes aplicados se indican en la Tabla 2. En todos los sitios, los tratamientos se dispusieron en un diseño en bloques completos con tres repeticiones.

En pre-siembra, se muestrearon tratamientos selectos de dos 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. Al estado de 5-6 hojas desarrolladas, V5-6 según la escala de Ritchie y Hanway (1993), se determinó la disponibilidad de N-nitratos en suelo a 0-30 cm.

Se determinó el contenido de agua del suelo a 0-100 cm de profundidad en el tratamiento 5 (NPS) a la siembra, floración y madurez fisiológica. Al estado de 5-6 hojas desarrolladas (V5-6), se determinó la concentración de nitratos en jugo de base de tallos utilizando un equipo Nitracheck en los tratamientos PS y NPS. Al estado de aparición de estigmas (R1), se muestrearon las hojas de la espiga (30 hojas por parcela) para el análisis completo de nutrientes (al menos 30 hojas por tratamiento). Estas muestras están siendo analizadas y los resultados no son presentados en este informe.

A cosecha se determinó el rendimiento y la humedad de grano. Los rendimientos reportados se han corregido al 14.5% de humedad. El contenido de N, P y S en grano se analiza en todos los cultivos para determinar el balance de nutrientes de cada tratamiento (datos no presentados).

Resultados

Análisis de suelo

En la Tabla 3 se indican los resultados de los análisis de suelo previos a la siembra. La disponibilidad de N-nitratos fue elevada en El Pilarcito (> 150 kg/ha), intermedia en San Alfredo y baja en los otros sitios (< 100 kg/ha). Los niveles de P Bray registraron efectos residuales de aplicaciones anteriores de fertilizantes fosfatados, excepto en Balducci (comparación tratamientos NPS vs. NS). Los niveles de S-sulfatos a 0-20 cm de profundidad se ubicaron en niveles cercanos al umbral crítico de 10 ppm estimado a partir de los resultados obtenidos en la campaña 2000/01 en esta misma Red de Nutrición.

Rendimientos

En general, la disponibilidad de agua no fue limitante para el desarrollo de los cultivos (Tabla 1), lográndose rendimientos elevados en los tratamientos NPS (9932 a 12126 kg/ha). La Figura 1 muestra los rendimientos promedios de los cinco ensayos para los seis tratamientos. La respuesta a N fue significativa en los cinco sitios evaluados. En La Marta y El Fortín se observaron respuestas a P, y en Balducci, El Pilarcito y El Fortín a S (Tabla 4). Para los tres nutrientes debe tenerse en cuenta que cuando se esta evaluando respuesta, la misma incluye la respuesta directa a la aplicación del año y al efecto residual de las dos fertilizaciones anteriores (2000 y 2001). El efecto residual es de mayor importancia en P, menor en S y bajo en N, de acuerdo a la dinámica de estos nutrientes en el sistema suelo-planta.

Las respuestas promedio fueron de 4172, 2499, 1530 y 808 kg/ha para NPS, N, P, y S, respectivamente, con eficiencias promedio de uso de 17, 41 y 32 kg de maíz por kg de N, P y S aplicados, respectivamente. Estas eficiencias promedio son

altamente rentables, considerando que las relaciones de precios actuales son del orden de 7-8, 19-21 y 12-13 kg de maíz por kg de N, P y S, respectivamente.

En general, no se observaron diferencias entre los tratamientos NPS y Completo, excepto en El Pilarcito y Balducci donde el NPS superó al Completo.

Relaciones entre las variables de suelo y planta y las respuestas a la fertilización

La respuesta a N se relacionó con la disponibilidad de N-nitratos a 0-60 cm en pre-siembra utilizando la información de estos ensayos en esta campaña 2002/03 y en la campaña 2000/01 (Fig. 2). La ecuación ajustada indica que para obtener rendimientos superiores a 10000 kg/ha se debería contar con una disponibilidad inicial de N en el suelo a la siembra más N aplicado como fertilizante de 180 kg/ha. Este umbral es superior al estimado por otros autores en el área (Ruiz et al., 2001).

Rendimientos de 10000 kg/ha se obtuvieron con niveles de N-nitratos (0-30 cm) de 22-23 ppm al estado V5-6 (Fig. 3). Este nivel crítico es coincidente con el observado por otros autores en la región pampeana norte (García, 2002).

Las concentraciones de nitratos en jugo de base de tallos (JBT) fueron bajas en los tratamientos PS y NPS, con niveles menores de 2500 ppm de nitratos, y no se relacionaron con los rendimientos obtenidos. Cabe destacar que experiencias realizadas en la región indican niveles críticos de nitratos en JBT de 3600-4000 ppm (J. González Montaner y M. Di Nápoli, com. personal; H. Fontanetto, EEA INTA Rafaela, com. personal).

Los rendimientos relativos de maíz en la presente campaña 2002/03 y en la campaña 2000/01 se relacionaron con el contenido de P Bray y S-sulfatos a 0-20 cm de profundidad, estimándose niveles críticos de P Bray de 15-16 ppm y de S-sulfatos de 10 ppm para alcanzar rendimientos relativos del 95% (Fig. 4 y 5). Los niveles críticos de P coinciden con los reportados en otras experiencias de la región pampeana (García, 2002). Para S, no se han reportado niveles críticos de S-sulfatos en la región y el umbral de 10 ppm debe ser considerado como orientativo ya que proviene solamente de esta base de datos.

Conclusiones

1. Los resultados de los ensayos de maíz 2002/03 mostraron una respuesta generalizada a N, P y S para las condiciones de suelo, clima y manejo evaluadas. La fertilización NPS incrementó los rendimientos en los cinco sitios en 4172 kg/ha, un 60% de aumento.
2. Se encontraron respuestas significativas a N en los cinco sitios. Los rendimientos se relacionaron con la disponibilidad de N-nitratos en pre-siembra (0-60 cm) y la disponibilidad de N-nitratos (0-30 cm) al estado de 5-6 hojas.
3. La respuesta a P fue significativa en dos sitios y la respuesta a S en tres sitios.
4. La aplicación de Mg, B, Cu y Zn no afectó los rendimientos.

Agradecimientos

- A todos los productores y personal de los establecimientos que implantaron los ensayos y participan en este proyecto.
- A Monsanto Argentina que aportó la semilla utilizada en los ensayos.

Referencias

- García F. 2002. Criterios para el manejo de la fertilización del cultivo de maíz: Aproximaciones zonales. Guía Dekalb del Cultivo de Maíz. E. Satorre (ed.). Monsanto Argentina. Buenos Aires pp. 57-75.
- Ritchie S., J. Hanway y G. Benson. 1993. Como se desarrolla una planta de maíz. Reporte Especial No. 48. Iowa State University. Edición en español de INPOFOS Cono Sur (Marzo 2002).
- Ruiz R., E. Satorre, G. Maddoni, J. Carcova y M. Otegui. 2001. Umbrales de decisión para la fertilización nitrogenada en maíz. VII Congreso Nacional de Maíz. AIANBA. Pergamino, Buenos Aires, Argentina.

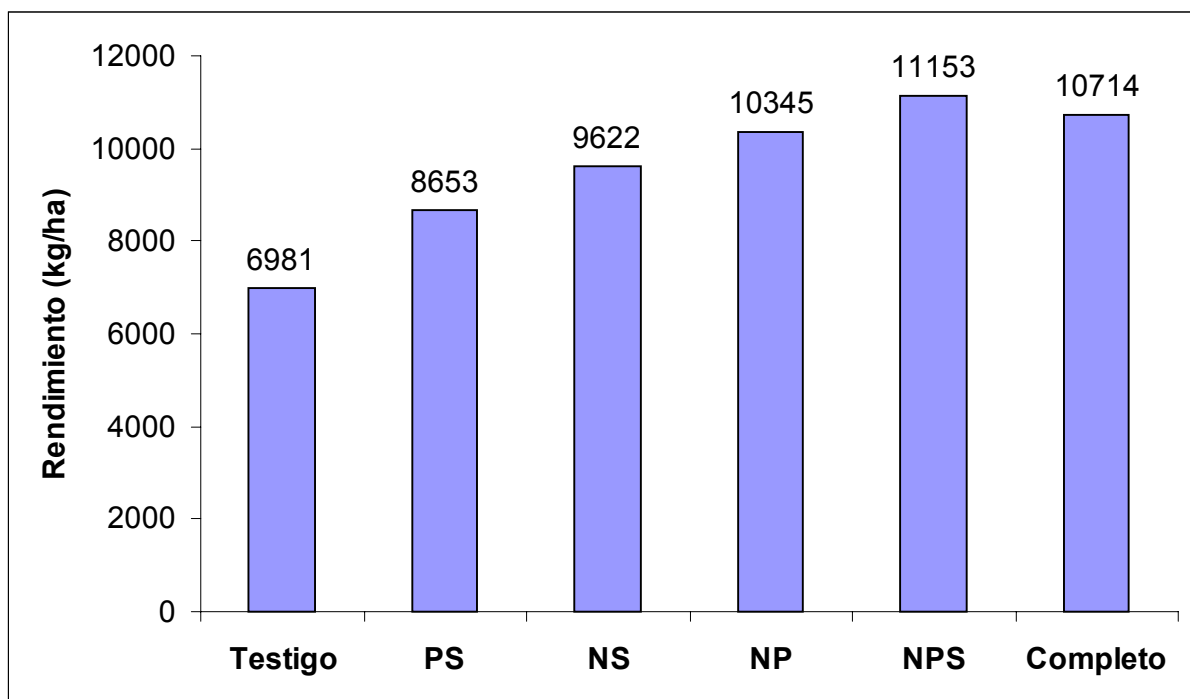


Fig. 1. Rendimientos promedios de los cinco sitios para los seis tratamientos evaluados. Maíz 2002/03. Red de Nutrición CREA Sur de Santa Fe.

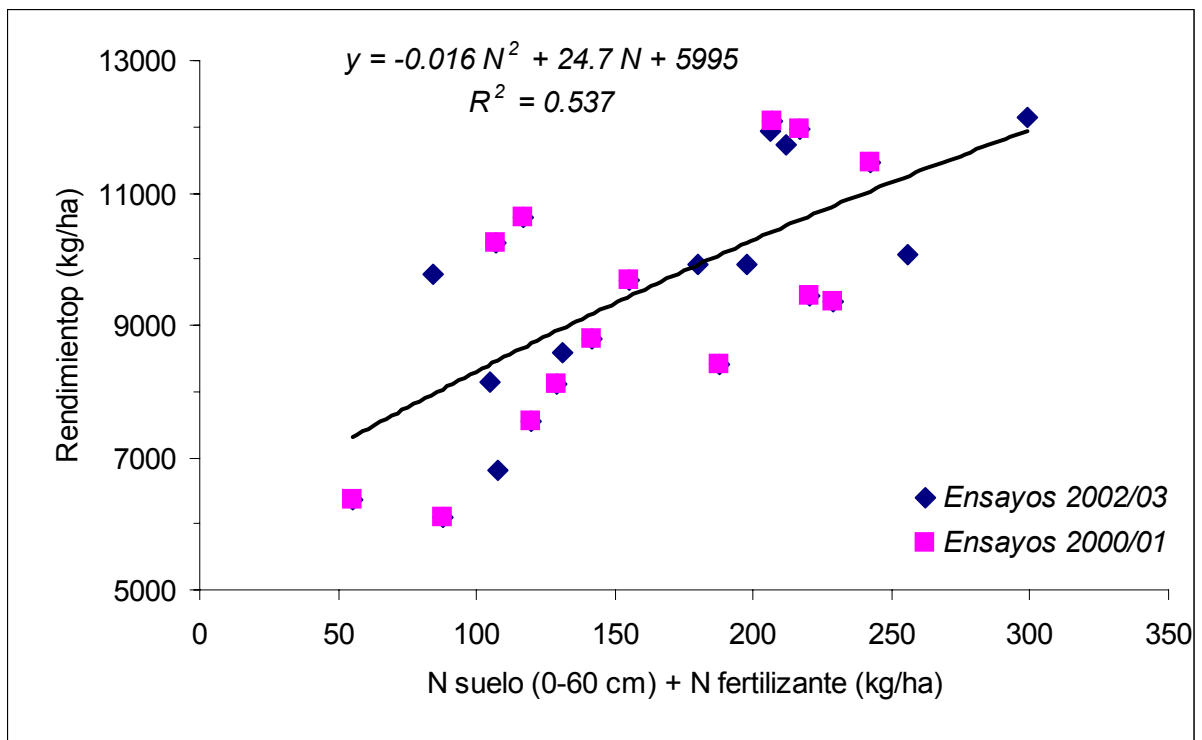


Fig. 2. Rendimientos de maíz en función de la disponibilidad de N-nitratos en suelo a 0-60 cm + N aplicado como fertilizante en pre-siembra. Ensayos Maíz 2000/01 y 2002/03. Red de Nutrición CREA Sur de Santa Fe.

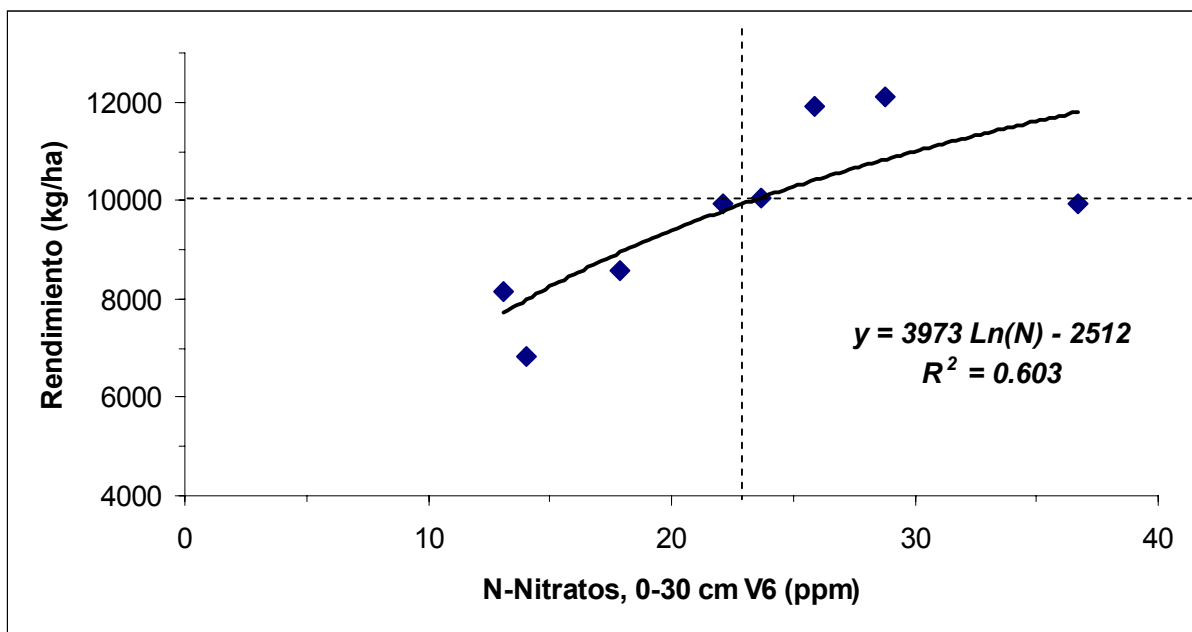


Fig. 3. Rendimiento de maíz en función de la concentración de N-nitratos en suelo, a 0-30 cm, al estado de 5-6 hojas desarrolladas. Ensayos CREA Sur de Santa Fe 2002/03. La línea vertical indica la concentración de 22-23 ppm de N-nitratos y la horizontal el rendimiento de 10000 kg/ha.

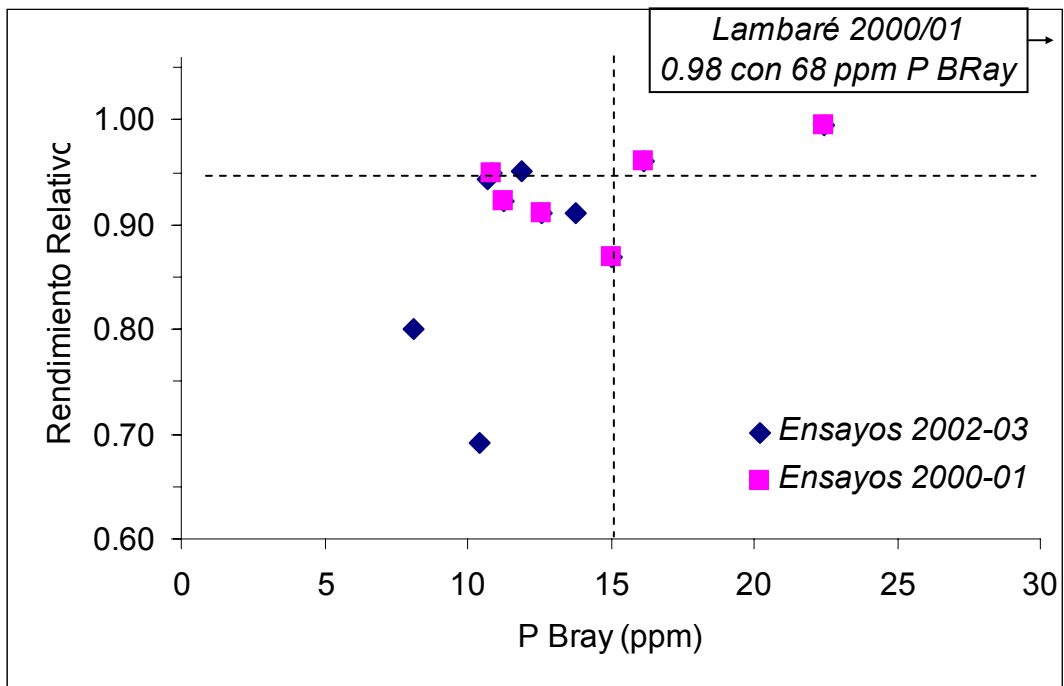


Fig. 4. Rendimiento relativo en función de la disponibilidad de P en suelo en pre-siembra a 0-20 cm. Ensayos Maíz 2000/01 y 2002/03. La línea vertical indica el nivel de P Bray de 15-16 ppm y la horizontal el rendimiento relativo de 0.95.

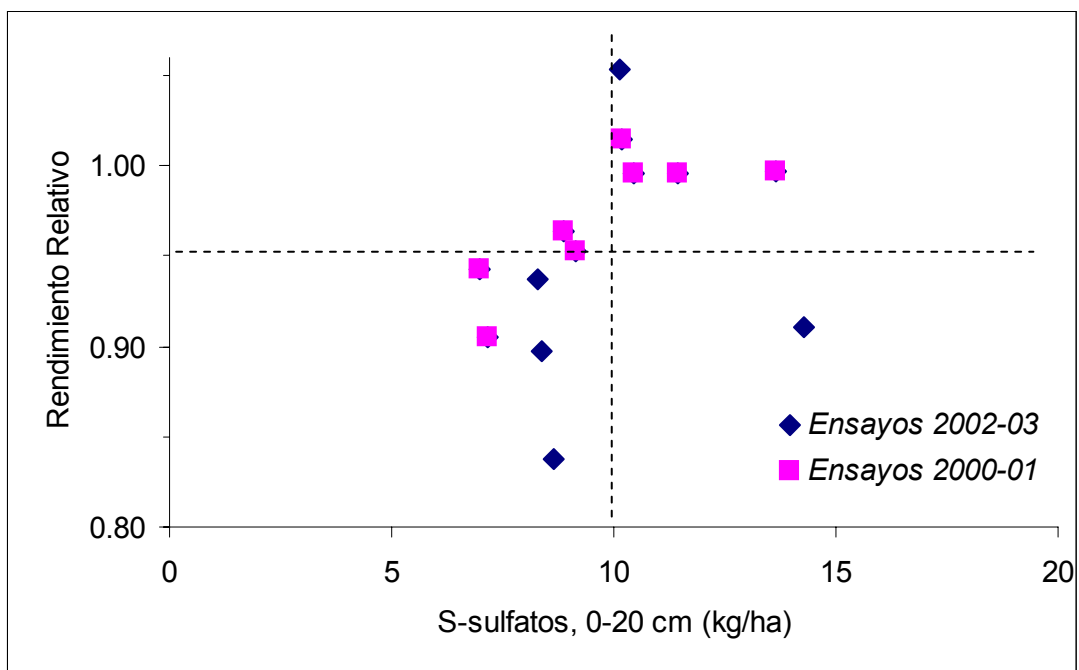


Fig. 5. Rendimiento relativo en función de la disponibilidad de S-sulfatos en suelo en pre-siembra a 0-20 cm. Ensayos Maíz 2000/01 y 2002/03. La línea vertical indica el nivel de S-sulfatos de 10 ppm y la horizontal el rendimiento relativo de 0.95.

Tabla 1. Información de manejo y de sitio, lámina de agua en el suelo a la siembra, floración y madurez fisiológica y precipitaciones durante el ciclo del cultivo. Maíz 2002/03, Red de Nutrición CREA Sur de Santa Fe.

CREA	Teodelina	Gral. Arenales	Canals	María Teresa	Santa Isabel
Establecimiento	Balducchi	El Fortín	La Marta	El Pilarcito	San Alfredo
Serie Suelo	Santa Isabel	Santa Isabel	Canals	Cafferata	Hughes
Labranza	SD	SD	SD	SD	SD
Años agricultura	+ 60	6	40	6	8
Antecesor	Trigo/Soja	Trigo/Soja	Trigo/Soja	Trigo/Soja	Trigo/Soja
Híbrido	Monsanto DK 682 MG				
Fecha de siembra	18/09	10/11	21/10	20/09	12/09
Densidad (pl/ha)	62,98	61,30	61,25	63,80	62,40
	<i>Lámina de agua en el suelo (mm)</i>				
Siembra (0-100 cm)	230	249	200	298	324
Floración (0-60 cm)	165	237	249	234	221
Madurez fisiológica (0-60 cm)	307	294	285	352	275
	<i>Precipitaciones (mm)</i>				
Septiembre	12	17	0	15	17
Octubre	276	264	163	206	282
Noviembre	192	146	247	80	126
Diciembre	202	205	258	228	99
Enero	18	39	106	112	68
Febrero	171	190	57	63	101
Marzo	84	114	262	166	162
Septiembre-Marzo	995	975	1093	870	855

Tabla 2. Tratamientos establecidos en los cinco sitios experimentales. Red de Nutrición CREA Sur de Santa Fe.

Tratamiento	1	2	3	4	5	6
Nombre	Testigo	PS	NS	NP	NPS	Completo
	Fertilizante (kg/ha)					
FMA		177		177	177	177
Urea			326	284	284	284
Yeso gran.(17%)		139	139		139	139
Mg (36%)						35
B (10%)						10
Zn (40%)						10
Cu (24%)						8
	Nutrientes (kg/ha)					
N		18	150	150	150	150
P		37		37	37	37
Mg						13
S		25	25		25	25
B						1
Zn						4
Cu						2

Tabla 3. Análisis de suelo previos a la siembra del maíz 2002/03. Red de Nutrición CREA Sur de Santa Fe.

Ensayo	Tratamiento	P	N-NO ₃	N-NO ₃	S-SO ₄	S-SO ₄
		<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	PS		18	105		
	NS	14				
	NP				9	98
El Fortín	NPS	10	14	86	11	87
	PS		18	108		
	NS	10				
El Pilarcito	NP				8	65
	NPS	20	16	78	10	63
	PS		40	180		
La Marta	NS	11				
	NP				14	82
	NPS	25	33	179	13	80
San Alfredo	PS		14	84		
	NS	8				
	NP				11	88
Balducci	NPS	13	15	92	10	74
	PS		22	131		
	NS	12				
El Fortín	NP				8	62
	NPS	26	24	136	16	83
	PS					

Tabla 4. Rendimientos de maíz para los seis tratamientos evaluados y respuestas a N, P, S, NPS y otros nutrientes en los cinco ensayos. Red de Nutrición CREA Sur de Santa Fe.

Tratamiento	Balducci	El Fortin	El Pilarcito	La Marta	San Alfredo
<i>Rendimientos (kg/ha)</i>					
Testigo	6498	6726	7150	7478	7053
PS	8155	6814	9922	9779	8597
NS	10857	6865	11443	9374	9572
NP	9990	8911	11051	12342	9430
NPS	11924	9932	12126	11717	10064
Completo	10935	9872	10599	11578	10588
DMS (5%) #	1167	894	790	785	842
<i>Respuestas (kg/ha)</i>					
N	3769	3118	2204	1939	1468
P	1067	3067	684	2343	492
S	1934	1021	1076	-625	634
NPS	5426	3206	4976	4239	3011
Otros	-989	-60	-1528	-139	524

DMS diferencia mínima significativa