

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

Resultados de la campaña 2012/13: Maíz

Preparado por Miguel Boxler (Coordinador de Ensayos), Fernando O. García (IPNI Cono Sur), Adrián Correndo (IPNI Cono Sur), Santiago Gallo (Coordinador Zonal), Ricardo Pozzi (CREA San Jorge-Las Rosas), Máximo Uranga (CREA Monte Maíz), Francisco Bauschen (Agroservicios Pampeanos), Hernan Rivero (Agroservicios Pampeanos), Nahuel Reussi Calvo (Laboratorio Fertilab-FCA Balcarce) y Angel Berardo (Laboratorio Fertilab)

En la campaña 2012/13, 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).
4. Conocer la evolución de los suelos bajo distintos esquemas de fertilización determinando índices relacionados con su calidad.

En este informe se reportan los resultados observados en cinco ensayos de maíz, dos en la rotación maíz-trigo/soja (M-T/S) y tres en la rotación maíz-soja-trigo/soja (M-S-T/S). Para esta campaña 2012/13, los objetivos específicos incluyeron la 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, N-nitratos a 0-30 cm y concentración de nitratos en jugo de base de tallos en V5-6, e índice de verdor en V5-6 y floración.
- La respuesta a la fertilización fosfatada (directa y residual) y del análisis de suelos en capa superficial en pre-siembra como método de diagnóstico.
- La respuesta a la fertilización azufrada (directa y residual) y del análisis de S-sulfatos en pre-siembra como método de diagnóstico.
- El rendimiento sin limitaciones nutricionales en cada uno de los sitios de experimentación.

Asimismo, en este informe se reportan los resultados de parámetros de suelo evaluados cada cuatro años. Los parámetros evaluados incluyen MO, pH, bases intercambiables, micronutrientes, P Bray-1, N-nitratos y S-sulfatos en tratamientos selectos.

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

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 grupos CREA de la región Sur de Santa Fe en la provincia de Santa Fe en la campaña 2000/01 (**Tabla 1**). En la campaña 2000/01 se sembró maíz y en dos de los ensayos (Balducchi y San Alfredo) se continuó en los años siguientes con rotación M-T/S, mientras que en los tres restantes (La Blanca, La Hansa y Lambaré) se continuó 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 a la siembra del maíz en la campaña 2012/13 se indican en la **Tabla 2**. Los seis tratamientos de fertilización establecidos fueron similares en los 5 sitios. En todos los casos, los tratamientos se disponen en un diseño en bloques completos con tres repeticiones, excepto en San Alfredo que cuenta con 2 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 todos los bloques para determinar: P Bray-1 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 30 “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 siembra en el tratamiento 5 (NPS), y en floración y madurez fisiológica en los tratamientos 2, 3, 4 y 5 (PS, NS, NP, y NPS).

En pre-siembra también se realizó el muestreo a 0-20 cm de los tratamientos 1 (Testigo) y 5 (NPS) de dos bloques. Este muestreo se realiza cada cuatro años para evaluar la evolución de parámetros químicos en las dos situaciones. Se determinaron materia orgánica (MO), Nmin (N potencialmente mineralizable o N anaeróbico), pH, bases intercambiables (calcio -Ca-, magnesio -Mg-, potasio -K- y sodio -Na-) y micronutrientes extractables (boro -B-, cobre -Cu-, hierro -Fe-, manganeso -Mn-, y zinc -Zn-).

Al estado V5-6, en los tratamientos PS y NPS, se determinó la concentración de N-nitratos en el suelo a 0-30 cm, y de nitratos en jugo de base de tallos (NO₃ en JBT) utilizando un equipo Nitracheck y el índice de verdor (IV) utilizando un Minolta SPAD 502. El IV se determinó nuevamente a floración del cultivo.

¹ 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.

A cosecha se determinó el rendimiento, la humedad de grano y el peso de mil granos. Los rendimientos reportados se han corregido al 14.5 % de humedad. Con la información de rendimiento y de peso de mil granos (PMIL), se estimó el número de granos (NG) por m². 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, N-nitratos y S-sulfatos fueron bajos en los 5 ensayos para los tratamientos NS, PS, y NP, respectivamente, con excepción de P Bray-1 en el tratamiento 3 (NS) de Lambaré que aún mantiene niveles altos (**Tabla 3a**).

Se observaron efectos residuales de la fertilización fosfatada en los 5 ensayos, con incrementos acumulados de P Bray-1 significativos a lo largo de los 13 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 fertilidad fosfatada 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-1 se asocian con balances positivos y/o negativos, respectivamente, entre la extracción en grano y la aplicación vía fertilización fosfatada.

Para N, solo se registraron efectos residuales en San Alfredo, con 119 kg N/ha como N-nitratos a 0-60 cm para el tratamiento NPS, respecto del Testigo con 54 kg N/ha como N-nitratos. Las residualidades de N bajo formas inorgánicas de nitratos no son buscadas por su alta movilidad en el suelo que puede resultar en pérdidas por lavado y/o desnitrificación. En cuanto a S, también en San Alfredo se observó un leve efecto residual para S-sulfatos a 0-20 cm (**Tabla 3a**). La residualidad de S ha sido verificada en años anteriores en esta Red de ensayos y también en otras experiencias en Región Pampeana.

El análisis de suelos completo a 0-20 cm se realiza en los tratamientos Testigo y NPS cada cuatro campañas con la finalidad de determinar los cambios que pueda generar la fertilización a través de los años (**Tabla 3b**). De los parámetros evaluados, la MO y el pH son los que mostraron una mayor frecuencia de diferencias entre tratamientos. La MO fue significativamente superior en el tratamiento NPS respecto del Testigo en San Alfredo, al 5% de probabilidad, y en Balducchi y La Blanca, al 10% de probabilidad. Las diferencias entre tratamientos para pH fueron significativas al 5% en Balducchi y, al 10%, en La Blanca y La Hansa. Se observaron diferencias en Nmin en La Blanca; en Mg intercambiable en Balducchi y Lambaré; en Na intercambiable en Balducchi y La Hansa; en PSI en San Alfredo y La Hansa; en B extractable en La Blanca y Lambaré; en Fe extractable en Balducchi; y en Mn extractable en San Alfredo y Lambaré. No se observaron diferencias entre tratamientos Testigo y NPS en Ca y K intercambiable, y Cu y Zn extractables.

Las mayores concentraciones de MO en los tratamientos NPS respecto de los Testigo indicarían una situación favorable de acumulación de C orgánico, la cual debería ser confirmada con análisis de C considerando acumulaciones de masa de

C en todo el perfil y no solo la concentración de C en el horizonte superficial. Estas diferencias entre tratamientos se han ido enfatizando a lo largo de los 12 años de experimentación (**Fig. 2**), con caídas en el Testigo superiores a las observadas en el NPS.

Los menores valores de pH en los tratamientos NPS respecto de los Testigo indican una tendencia creciente a la acidificación en el tratamiento fertilizado. Esto se explicaría a partir de una mayor exportación de bases en el tratamiento NPS respecto del Testigo, del uso de fertilizantes nitrogenados amoniacales como la urea, los cuales dejan un residuo ácido como resultado de la nitrificación (transformación del N amoniacal a N nítrico); y, probablemente en menor medida, a la mayor actividad microbiana en los tratamientos NPS respecto al Testigo. En promedio para los 5 ensayos, el pH tendió a disminuir entre 2000 y 2012 en el tratamiento NPS mientras que se mantuvo prácticamente constante en el tratamiento Testigo (**Fig. 3**).

En Balducchi, la caída del pH del tratamiento NPS se asocia con la disminución de Ca y Mg intercambiables (1.2 y 0.5 cmol/kg, respectivamente, menores que en el Testigo) (**Tabla 3b**). El sitio de San Alfredo también registra diferencias importantes en Ca y Mg intercambiables entre NPS y Testigo, pero las mismas no son significativas, así como tampoco el cambio en el pH, el cual es menor en 0.6 unidades en NPS que en el Testigo. En Lambaré, las disminuciones de Ca y Mg intercambiables también son importantes aunque solamente significativas para Mg. En La Blanca y La Hansa, las diferencias en concentración de bases intercambiables son moderadas y no significativas.

En general, los niveles de bases intercambiables (Ca, Mg, K) y de micronutrientes como Cu, Fe, Mn y Zn, se encuentran por arriba de los valores indicados por la bibliografía como críticos o limitantes para la producción de cultivos. La excepción la constituye el B, cuyos valores se encuentran en niveles cercanos a 1 ppm, o aún por debajo, nivel frecuentemente citado en la bibliografía como limitante para algunos cultivos.

Rendimientos y respuestas a la fertilización

Los rendimientos fueron variables entre los sitios, dependiendo de la condición de suelo de cada sitio pero fundamentalmente del estado fenológico del cultivo al momento y magnitud del periodo seco registrado en Diciembre-Enero en todos los sitios (**Tabla 1**). Así, La Blanca registró los mayores rendimientos a partir de una siembra temprana que permitió aprovechar la elevada disponibilidad de agua del periodo Octubre-Noviembre, con lo cual el cultivo dispuso de una adecuada disponibilidad hídrica a floración (mediados de Diciembre). Por el contrario, el sitio Balducchi se sembró hacia fines de Octubre, por los excesos hídricos que impidieron la siembra, y el cultivo llegó a floración a principios de Enero con un mayor efecto de la sequía.

Los rendimientos, respuestas y el análisis estadístico se presentan en las **Tablas 4a** y **4b**. Debe tenerse en cuenta que los rendimientos y las respuestas a la fertilización que se presentan, involucran el efecto directo de la fertilización de

esta campaña 2012/13, más el efecto residual de las aplicaciones de años anteriores desde la implantación de los ensayos en la campaña 2000/01.

Se observaron respuestas significativas a los tratamientos de fertilización en los 5 sitios. Las respuestas promedio a N, P, S y otros nutrientes fueron de 3723, 414, 700 y 65 kg/ha, respectivamente, en los 2 ensayos de la rotación M-T/S, y de 4171, 521, 1862 y 8 kg/ha, respectivamente, en los 5 ensayos de la rotación M-S-T/S.

En Balducchi y La Hansa, se observaron respuestas significativas a NPS, en San Alfredo y Lambaré a NP y NS, y en La Blanca, la respuesta fue significativa a la interacción NS. Estas respuestas indican que N, P y S son deficientes en los 5 sitios e interactúan entre ellos.

La respuesta a Otros nutrientes no ha sido frecuente en maíz en la Red de Nutrición. Solo se observó en 4 de los 45 sitios-año evaluados desde 2000/01. En esta campaña 2012/13 solamente el sitio Lambaré mostro una tendencia de respuesta, sin llegar a ser significativa. La falta de respuestas podría atribuirse a los altos niveles de bases y micronutrientes en los suelos, confirmados por los análisis realizados en pre-siembra (**Tabla 3b**).

La fertilización NPS incrementó significativamente la eficiencia de uso de agua (EUA) en los 5 sitios (**Fig. 4**). Considerando las precipitaciones registradas durante el ciclo del cultivo (Octubre-Marzo), las EUA de los tratamientos NPS superaron en 103% y 100%, la EUA del tratamiento Testigo en la rotación M-T/S y la rotación M-S-T/S, respectivamente.

En términos relativos, las diferencias entre los tratamientos de fertilización respecto del Testigo fueron menores respecto a años anteriores en Balducchi y San Alfredo, probablemente por las deficiencias hídricas de Diciembre-Enero (**Fig. 5**). En La Blanca, las diferencias relativas entre los fertilizados y el Testigo fueron similares a años anteriores, mientras que en La Hansa y en Lambaré, las respuestas relativas se incrementaron respecto a años anteriores. Es importante resaltar las mayores respuestas observadas en Lambaré, del orden del 200% para los tratamientos que incluyeron N (NS, NP, NPS y Completo), lo cual estaría demostrando la progresiva pérdida de fertilidad de este sitio que al establecimiento del ensayo presentaba alta fertilidad potencial por provenir de un periodo de pasturas de gramíneas y leguminosas.

Como se observó en campañas anteriores, el NG por m² fue el componente más estrechamente relacionado con el rendimiento ($R^2=0.92$) (**Fig. 6, Tabla 5**). El rendimiento también se correlacionó significativamente con el peso de mil granos pero más débilmente ($R^2=0.62$).

La concentración de NO₃ en JBT y el IV al estado V5-6 y floración fueron afectados por los tratamientos de fertilización (**Tabla 6**). En los 5 sitios, la concentración de NO₃ en JBT fue superior en el tratamiento NPS que en el tratamiento PS, mostrando claramente el efecto de la fertilización nitrogenada. El IV fue afectado por la disponibilidad de N en ambas evaluaciones (V5-6 y floración) en los 5 sitios.

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

A continuación, se discuten algunas relaciones significativas entre las variables de suelo y planta, y las respuestas a los nutrientes. En todos los casos se evalúan las relaciones para las nueve campañas de información de maíz de la Red de Nutrición, incluyendo cuatro sitios en el 2000/01, cinco en el 2002/03, cuatro en el 2004/05 y 2006/07, y dos en el 2008/09, 2010/11 y 2012/13 para M-T/S, y cuatro sitios en el 2000/01, seis en el 2003/04, cinco en el 2006/07, cuatro en el 2009/10, y tres en el 2012/13 para M-S-T/S (total de 45 sitios-año).

Se estimó una relación significativa entre la disponibilidad de N a la siembra (N-nitratos en el suelo a la siembra, 0-60 cm de profundidad, + N fertilizante) y los rendimientos (**Fig. 7**). Si bien la variabilidad de la relación es alta, permitiría estimar necesidades de 145-150 kg/ha de N (suelo + fertilizante) para alcanzar 10000 kg/ha de rendimiento y de 270-280 kg/ha de N para lograr 12000 kg/ha de rendimiento, es decir 44-67 kg de maíz por kg N disponible (suelo+fertilizante). Estas estimaciones de necesidad de N en el suelo a la siembra para alcanzar determinados rendimientos coinciden con las observadas en otras experiencias zonales y permiten validarlas.

Si se considera una disponibilidad de N a la siembra (N-nitratos a 0-60 cm) de 70 kg/ha N, la aplicación de 100 kg de N resultaría en una respuesta de 2876 kg/ha o sea 28.8 kg de maíz por kg de N aplicado y la aplicación de 150 kg/ha de N en una respuesta de 3712 kg/ha o 24.7 kg de maíz por kg de N. Estas relaciones kg de maíz por kg de N, se pueden comparar con la relación de precios actual de 7-8 kg de maíz por kg de N.

La concentración de NO₃ en JBT al estado de 5-6 hojas desarrolladas (V5-6) se relacionó con el rendimiento relativo de los tratamientos PS (Rendimiento PS/Rendimiento NPS) de los 5 ensayos de esta campaña 2012/13 (**Fig. 8**). Sin embargo, esta relación no es significativa cuando se consideran todos los sitios-año de maíz en la Red de Nutrición, por lo cual el uso de esta herramienta para determinar necesidades de fertilización nitrogenada es limitado.

La determinación del IV, determinado con el Minolta SPAD 502, al estado de V5-6 no se relacionó con los rendimientos o las respuestas a N, pero si se encontró una relación significativa entre el IV en floración y el rendimiento de maíz (**Fig. 9**), aunque la misma no fue estrecha ($R^2=0.39$). La utilización del índice relativo de IV no resultó en una mejor calibración, probablemente porque se ha utilizado un mismo híbrido para todos los sitios en los últimos años.

Considerando los 45 sitios-año de las nueve campañas, el rendimiento relativo de maíz sin P (Rendimiento NS/Rendimiento NPS) se relacionó significativamente con la concentración de P Bray-1 en el suelo a la siembra (0-20 cm) (**Fig. 10**). El 84% de los 32 sitios-año con P Bray-1 menor de 15 mg/kg presentaron rendimientos relativos menores del 95%, mientras que el 85% de los 13 sitios-año con P Bray-1 superior a 15 mg/kg presentó rendimientos relativos mayores del 95%.

El rendimiento relativo de maíz sin S (Rendimiento NP/Rendimiento NPS) se relacionó con la concentración de S-sulfatos a 0-20 cm en el muestreo de pre-siembra. La **Fig. 11** muestra que el 64% de los 36 sitios-año con niveles de S-sulfatos menores de 10 mg/kg presentaron rendimientos relativos menores del 95%. El 89% de los 9 sitios-año con niveles de S-sulfatos superiores a 10 mg/kg

presentó rendimientos relativos mayores del 95%. Los rendimientos de maíz no se relacionaron con la disponibilidad de S-sulfatos a la siembra (S-sulfatos 0-60 cm + S aplicado) y tampoco se observó relación de esta variable con el rendimiento relativo.

Conclusiones

- Los análisis de suelos realizados en pre-siembra mostraron efectos residuales de fertilizaciones de campañas anteriores para P Bray-1 (ppm, 0-20 cm) y, en uno de los sitios, para N-nitratos (kg/ha, 0-60 cm) y S-sulfatos (ppm, 0-20 cm). Estos efectos residuales se observaron desde los primeros años para P.
- Los rendimientos de maíz en la campaña 2012/13 fueron variables entre los sitios, dependiendo de la condición de suelo de cada sitio pero fundamentalmente del estado fenológico del cultivo al momento y magnitud del periodo seco registrado en Diciembre-Enero en todos los sitios.
- Los cinco sitios registraron respuestas significativas a N, P y/o S. No se observaron respuestas significativas a Otros nutrientes.
- Considerando los 45 sitios-año de las nueve campañas de maíz evaluadas en la Red de Nutrición, se obtuvieron relaciones significativas entre el rendimiento y la disponibilidad de N en suelo a la siembra (N suelo 0-60 cm + N fertilizante). Disponibilidades de N a la siembra (suelo 0-60 cm + fertilizante) de 145-150 kg/ha y de 270-280 kg/ha de N permitirían alcanzar rendimientos de 10000 kg/ha y 12000 kg/ha, respectivamente.
- Los sitios con niveles de P Bray-1 menores de 15 mg/kg presentan respuestas altamente probables a la aplicación de P, mientras que por arriba de 15 mg/kg de P Bray-1, la probabilidad de respuesta disminuye marcadamente. La predicción de la respuesta con el análisis de P Bray-1 en pre-siembra fue exitosa en un 84% de los sitios-año.
- El análisis de S-sulfatos a la siembra a 0-20 cm permite predecir con un 69% de éxito la respuesta a la fertilización azufrada.

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, floración y madurez fisiológica y precipitaciones durante el ciclo del cultivo. Ensayos CREA Sur de Santa Fe, Maíz 2012/13.

Establecimiento	Balducci	San Alfredo	La Blanca	La Hansa	Lambaré
CREA	Teodelina	Santa Isabel	Gral. Baldissera	Amstrong-Montes de Oca	San Jorge – Las Rosas
Serie Suelo	Santa Isabel	Hughes	La Bélgica	Bustanza	Los Cardos
Labranza	SD				
Años agricultura	+60	16	7	+20	13
Antecesor	Trigo/Soja				
Híbrido	NK 900 TD MAX				
Fecha de siembra	25/10/2012	10/10/2012	04/10/2012	25/11/2012	16/10/2012
Densidad lograda (pl/ha)	59600	69400	-	75700	72300
Distancia entre surcos (cm)	52	52	52	52	52
Fecha de Cosecha	15/03/2013	26/03/2013	23/04/2013	30/04/2013	09/04/2013
Lámina de agua en el suelo					
Siembra (mm) (0-100 cm)	253	292	228	352	309
Floración (mm) (0-100 cm)	185	158	253	-	291
Madurez fisiológica (mm) (0-100 cm)	174	287	227	-	295
Precipitaciones					
Septiembre	75	97	93	119	112
Octubre	282	320	222	375	241
Noviembre	135	143	153	126	66
Diciembre	87	96	22	179	182
Enero	25	2	33	33	15
Febrero	71	131	97	121	102
Marzo	116	40	55	68	74
Diciembre-Febrero	183	229	152	333	299

Tabla 2. Tratamientos establecidos en los dos sitios experimentales.

Tratamiento	1	2	3	4	5	6
Nombre	Testigo	PS	NS	NP	NPS	NPSMgK Micros
Fertilizante (kg/ha)						
FMA		156		156	156	156
Urea			326	287	287	287
SulPoMag						68
Azufertil (19%)		79	79		79	
<i>B10</i>						10
<i>Zn 40</i>						5
<i>Cu25</i>						8
Fertilizante total (kg/ha)	0	235	427	470	549	561
Nutrientes (kg/ha)						
N		18	150	150	150	150
P		35		35	35	35
K						12
Mg						7
S		15	15	0	15	17
B						1
Zn						2
Cu						2

Tabla 3a. Análisis de suelo para diagnóstico de N, P, y S previo a la siembra del maíz, Campaña 2012/13. Red de Nutrición CREA Sur de Santa Fe. Promedios de tres repeticiones.

Ensayo	P Bray-1		N-NO ₃		S-SO ₄	
	0-20 (ppm)		0-60 (kg ha ⁻¹)		0-20 (ppm)	
	NS	NPS	PS	NPS	NP	NPS
Balducchi	7	62	75	56	4.1	5.6
San Alfredo	14	59	54	119	4.7	9.7
La Blanca	16	28	61	75	4.3	4.4
La Hansa	15	55	76	85	4.1	4.0
Lambaré	34	75	78	69	4.1	4.2

Tabla 3b. Análisis de suelo completo (0-20 cm) previo a la siembra del maíz, Campaña 2012/13. Red de Nutrición CREA Sur de Santa Fe. Promedios de dos repeticiones.

Sitio	Tratamiento	M.O.	Nmin	pH	Ca	Mg	K	Na	PSI	B	Cu	Fe	Mn	Zn
		%	ppm		cmolc/kg				%	ppm				
Balducchi	NPS	2.4*	31	5.3**	5.95	1.29**	1.08	0.20**	2.3	0.8	1.5	165**	62	1.5
	Testigo	1.9	17	6.1	7.15	1.76	1.10	0.34	3.3	0.9	1.6	115	66	1.5
San Alfredo	NPS	4.0**	106	5.5	9.15	1.76	1.43	0.12	1.0*	0.9	1.7	122	114**	2.4
	Testigo	3.1	43	6.1	9.90	2.52	1.41	0.08	0.6	1.1	1.9	123	134	2.2
La Blanca	NPS	2.7*	37*	5.9*	7.80	1.87	1.54	0.27	2.4	0.9**	1.3	88	63	1.8
	Testigo	2.4	46	6.2	7.20	1.93	1.61	0.07	0.6	1.3	1.8	98	58	2.0
La Hansa	NPS	3.2	52	5.7*	8.65	1.70	1.42	0.23**	1.9*	0.8	2.1	126	185	1.7
	Testigo	2.9	49	6.1	8.85	1.90	1.28	0.31	2.5	0.9	2.4	127	241	1.6
Lambaré	NPS	3.2	55	5.7	8.65	1.96**	1.55	0.26	2.1	0.8*	2.1	118	159*	1.4
	Testigo	3.3	56	6.0	9.50	2.36	1.74	0.13	0.9	0.7	3.0	142	204	1.9

* Indica diferencias significativas entre Testigo y NPS al 10% de probabilidad.

** Indica diferencias significativas entre Testigo y NPS al 5% de probabilidad.

Tabla 4a. Rendimientos de maíz para los seis tratamientos evaluados y respuestas a N, P, S, NPS y otros nutrientes en los 2 ensayos bajo rotación M-T/S. Campaña 2012/13. Red de Nutrición CREA Sur de Santa Fe. Promedios de tres repeticiones.

Tratamiento	Balducci	San Alfredo	Promedio
Rendimientos (kg/ha)			
Testigo	4444 c	6096 c	5270
PS	5962 b	7855 b	6909
NS	8829 a	11605 a	10217
NP	8222 a	11641 a	9931
NPS	9357 a	11906 a	10631
Completo	9653 a	11740 a	10696
DMS (5%)	1473	769	-
Respuestas (kg/ha)			
N	3395	4051	3723
P	528	301	414
S	1135	265	700
PS	1518	1760	1639
NS	4385	5510	4947
NP	3778	5546	4662
NPS	4913	5810	5362
Otros ##	296	-166	65

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 4b. Rendimientos de maíz para los seis tratamientos evaluados y respuestas a N, P, S, NPS y otros nutrientes en los 3 ensayos bajo rotación M-S-T/S. Campaña 2012/13. Red de Nutrición CREA Sur de Santa Fe. Promedios de tres repeticiones.

Tratamiento	La Blanca	La Hansa	Lambaré	Promedio
	Rendimientos (kg/ha)			
Testigo	8912 d	3319 c	5443 c	5892
PS	10955 c	5961 b	7501 b	8139
NS	13643 ab	10156 a	11568 a	11789
NP	12936 b	6956 b	11451 a	10448
NPS	14308 a	11314 a	11310 a	12310
Completo	14072 ab	10866 a	12017 a	12319
DMS (5%)	1174	1579	753	
	Respuestas (kg/ha)			
N	3353	5353	3808	4171
P	664	1158	-258	521
S	1371	4358	-142	1862
PS	2042	2642	2058	2247
NS	4731	6837	6125	5897
NP	4024	3637	6008	4556
NPS	5395	7995	5866	6419
Otros ##	-235	-448	707	8

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 maíz: Peso mil granos (PMIL, g) y NG (granos por m²) para los seis tratamientos evaluados en los 5 ensayos bajo rotación M-T/S (2) y M-S-T/S (3). Campaña 2012/13. Red de Nutrición CREA Sur de Santa Fe. Promedios de tres repeticiones.

Sitio	Tratamiento	PMIL		NG	
<i>Rotación M-T/S</i>					
Balducchi	Testigo	279	e	1594	c
	PS	294	d	2031	bc
	NS	315	c	2804	a
	NP	330	b	2495	ab
	NPS	351	a	2670	a
	NPSMicro	350	a	2762	a
San Alfredo	Testigo	248	d	2468	d
	PS	261	d	3010	c
	NS	336	b	3455	ab
	NP	318	c	3661	ab
	NPS	344	ab	3466	ab
	NPSMicro	354	a	3321	b
<i>Rotación M-S-T/S</i>					
La Blanca	Testigo	289	d	3093	c
	PS	311	c	3523	b
	NS	342	b	3995	a
	NP	366	a	3539	b
	NPS	372	a	3846	ab
	NPSMicro	371	a	3793	ab
La Hansa	Testigo	276	e	1202	d
	PS	292	d	2044	c
	NS	369	a	2754	b
	NP	319	c	2182	c
	NPS	351	b	3224	a
	NPSMicro	354	b	3074	ab
Lambaré	Testigo	309	c	1767	c
	PS	321	b	2337	b
	NS	363	a	3192	a
	NP	366	a	3129	a
	NPS	368	a	3077	a
	NPSMicro	368	a	3265	a

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

Tabla 6. Concentración de nitratos en jugo de base de tallos (NJBT) al estado de 5-6 hojas (V5-6), e índice de verdor (IV) determinado con Minolta SPAD 502, al estado de 5-6 hojas y a floración (FLO) del maíz, en tratamientos seleccionados en los dos ensayos. Campaña 2012/13. Red de Nutrición CREA Sur de Santa Fe. Promedios de tres repeticiones.

Tratamiento	NJBT (ppm) #	IV V5-6#		IV Flo#		
Balducchi						
PS	993	b	52	b	47	c
NS			53	b	55	b
NP			53	b	61	a
NPS	3920	a	55	a	60	a
San Alfredo						
PS	2010	b	51		44	c
NS			51		50	b
NP			53		57	a
NPS	5100	a	54		57	a
La Blanca						
PS	2000	b	49	c	47	b
NS			54	b	51	a
NP			55	a	55	a
NPS	5240	a	55	a	55	a
Lambaré						
PS	2440	b	42	c	42	b
NS			51	a	50	a
NP			49	b	49	a
NPS	3200	a	52	a	50	a

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

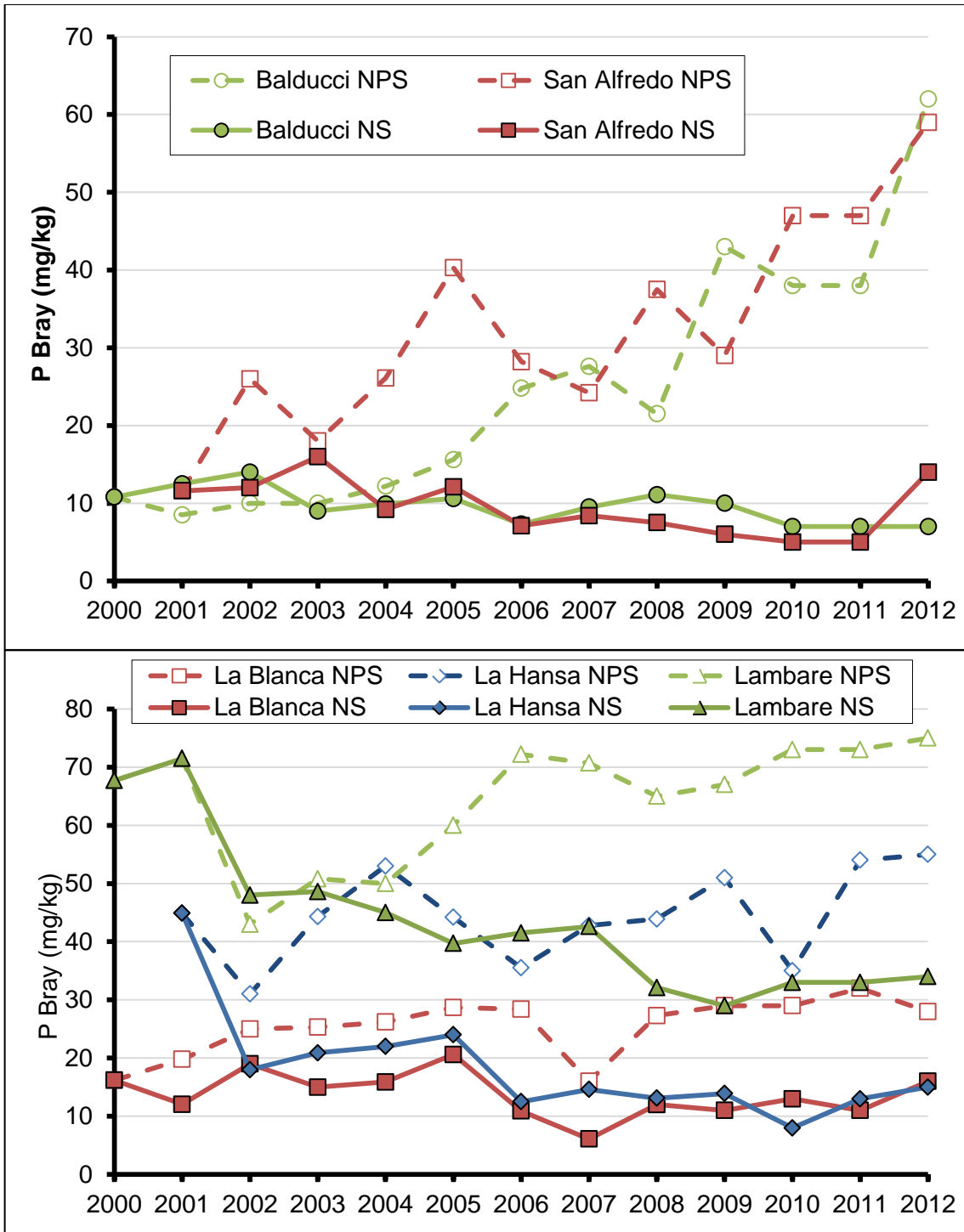


Fig. 1. Evolución de P Bray-1 (0-20 cm) en los tratamientos NS y NPS para los dos ensayos en rotación M-T/S y los tres ensayos en rotación M-S-T/S de la Red de Nutrición CREA Sur de Santa Fe, 2000 a 2012.

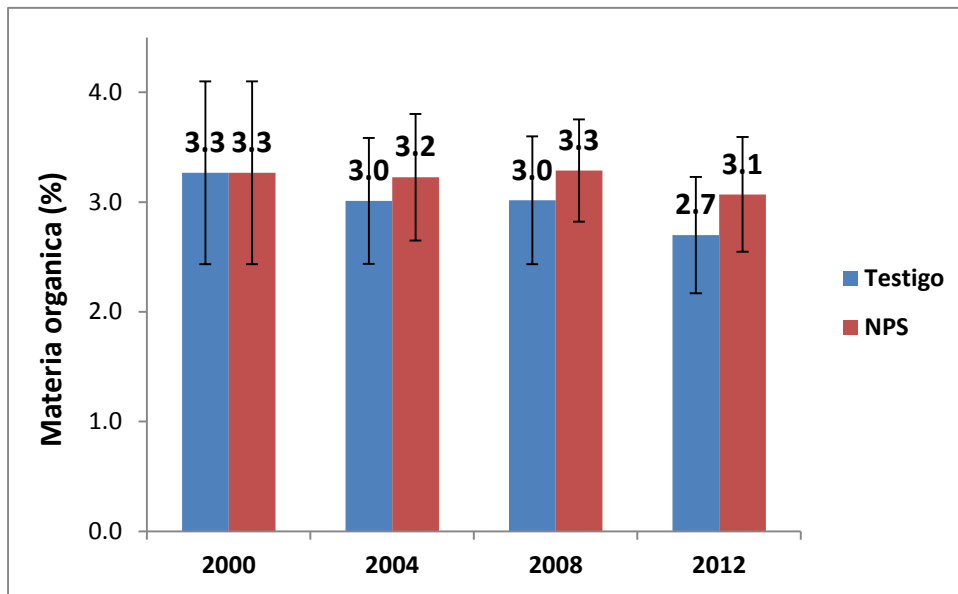


Fig. 2. Evolución de la materia orgánica (MO, %) a 0-20 cm, en los tratamientos Testigo y NPS. Promedios de los 5 ensayos de la Red de Nutrición Región CREA Sur de Santa Fe, 2000-2012.

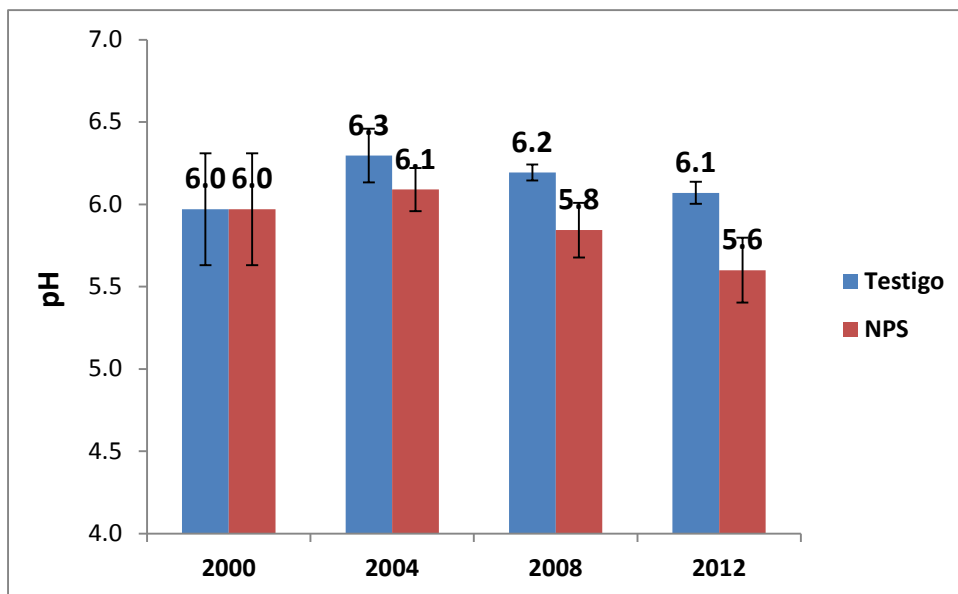


Fig. 3. Evolución del pH a 0-20 cm, en los tratamientos Testigo y NPS. Promedios de los 5 ensayos de la Red de Nutrición Región CREA Sur de Santa Fe, 2000-2012.

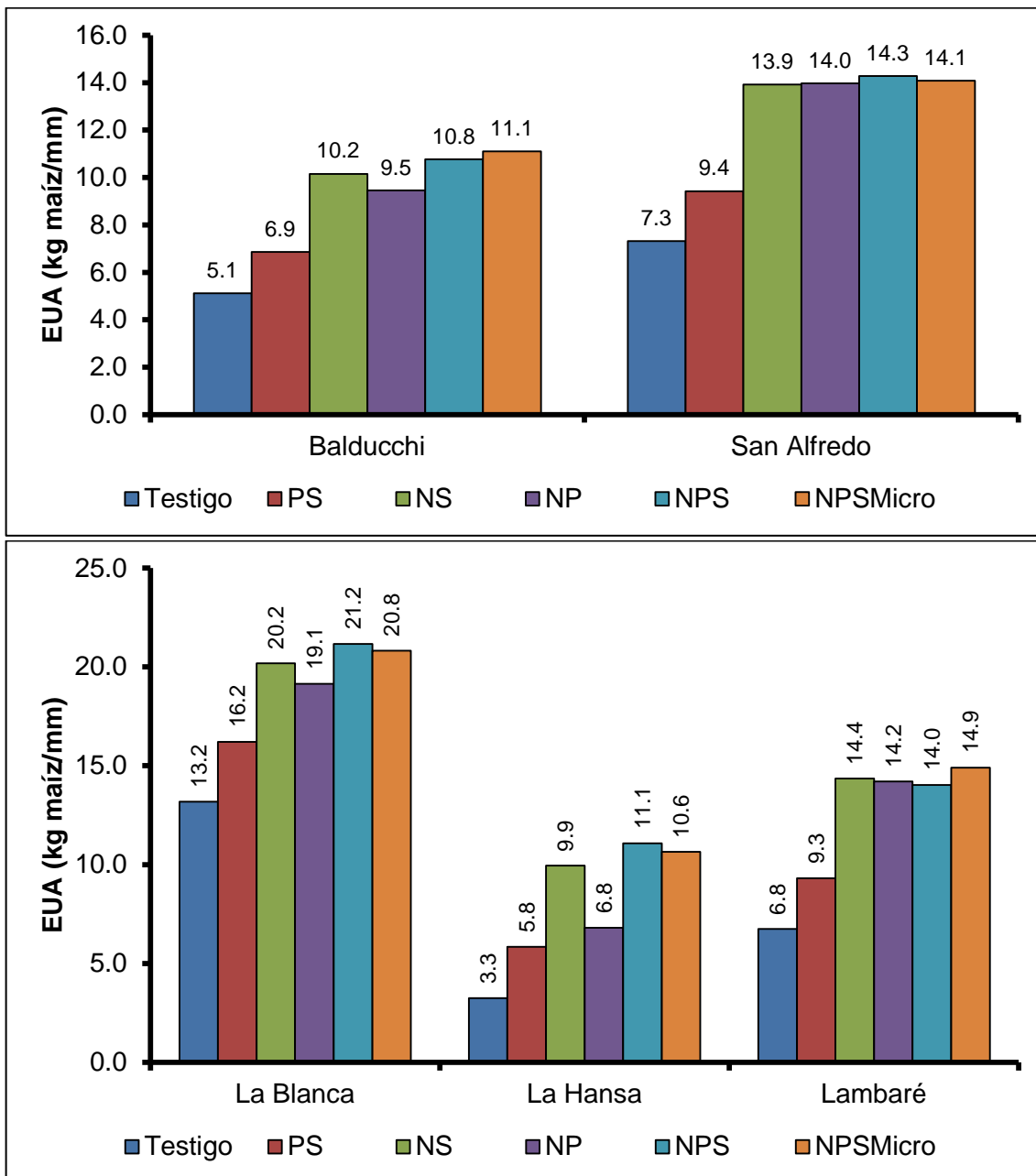


Fig. 4. Eficiencia de uso del agua, promedio para los seis tratamientos en los 5 ensayos de maíz de la Red de Nutrición Región CREA Sur de Santa Fe, 2012/13.

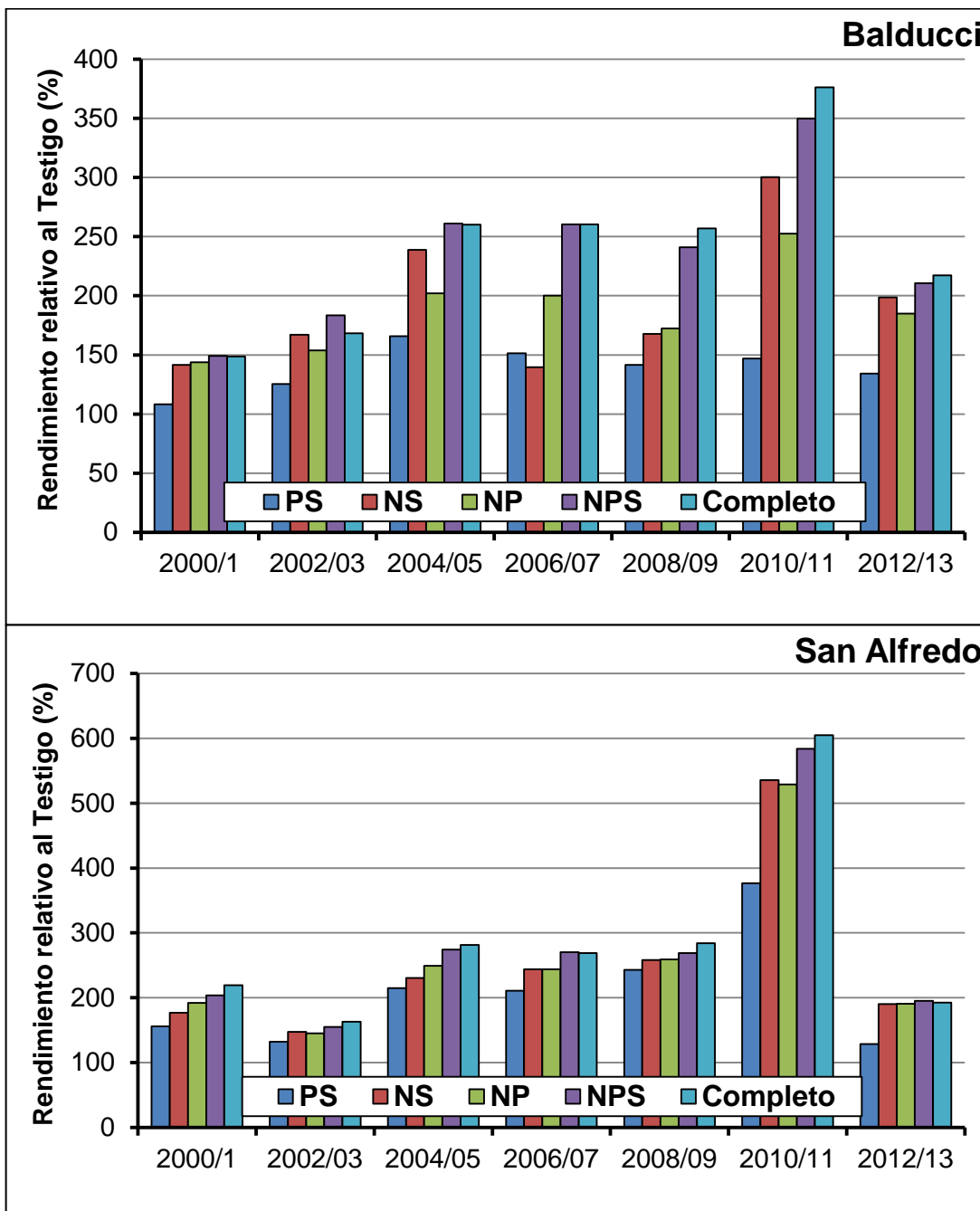


Fig. 5. Evolución de los rendimientos relativos al Testigo (en %) de los tratamientos fertilizados en maíz para los 5 sitios desde la implantación de los ensayos en 2000. Red de Nutrición Región CREA Sur de Santa Fe, 2000 a 2012.

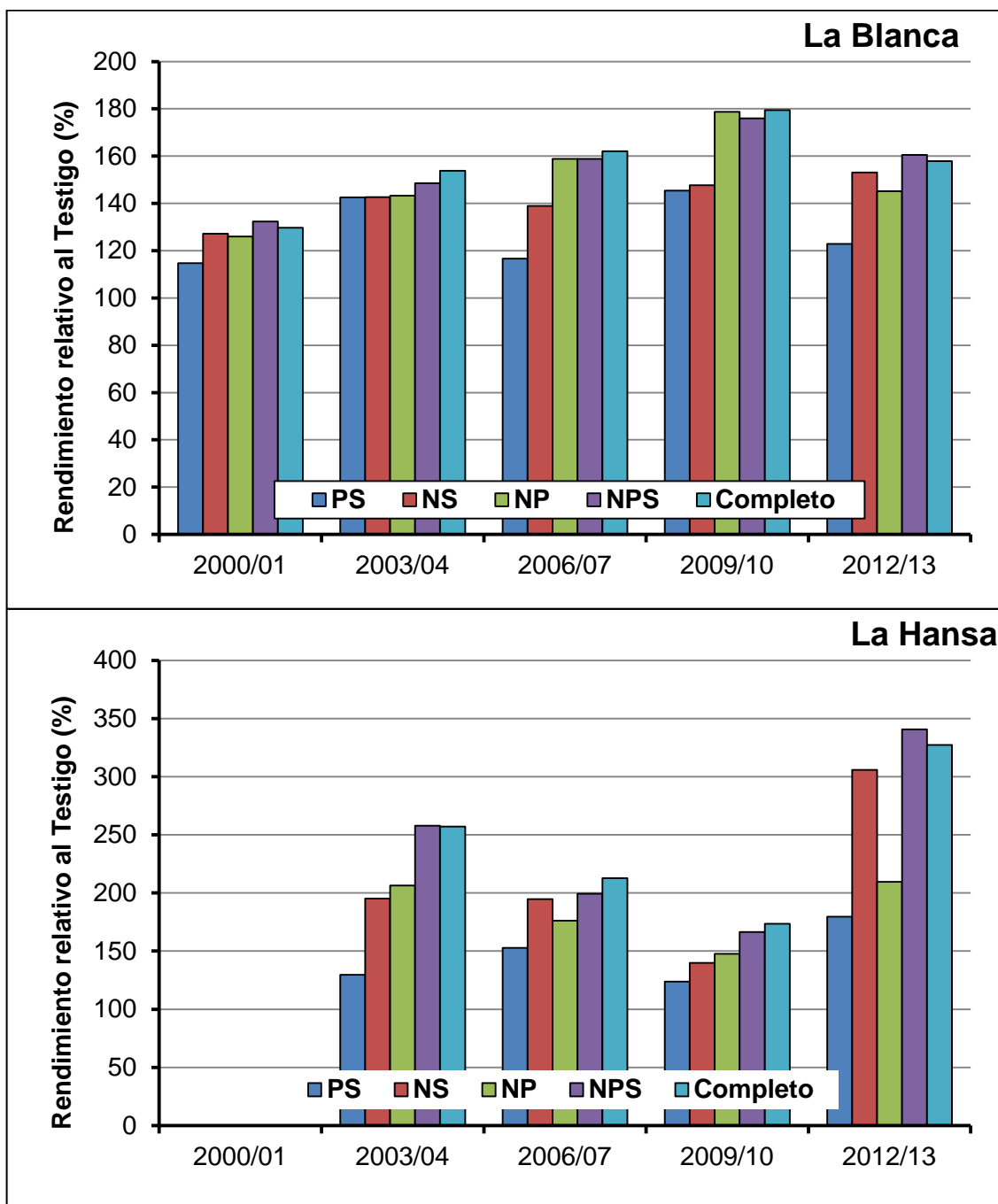


Fig. 5 (cont.). Evolución de los rendimientos relativos al Testigo (en %) de los tratamientos fertilizados en maíz para los 5 sitios desde la implantación de los ensayos en 2000. Red de Nutrición Región CREA Sur de Santa Fe, 2000 a 2012.

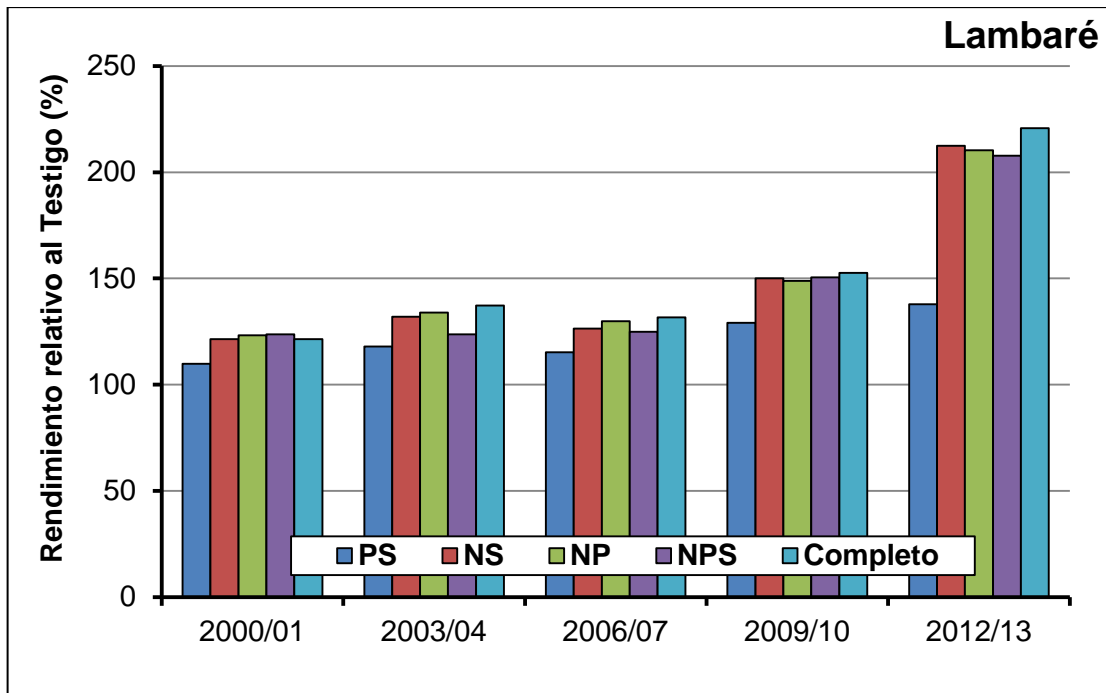


Fig. 5 (cont.). Evolución de los rendimientos relativos al Testigo (en %) de los tratamientos fertilizados en maíz para los 5 sitios desde la implantación de los ensayos en 2000. Red de Nutrición Región CREA Sur de Santa Fe, 2000 a 2012.

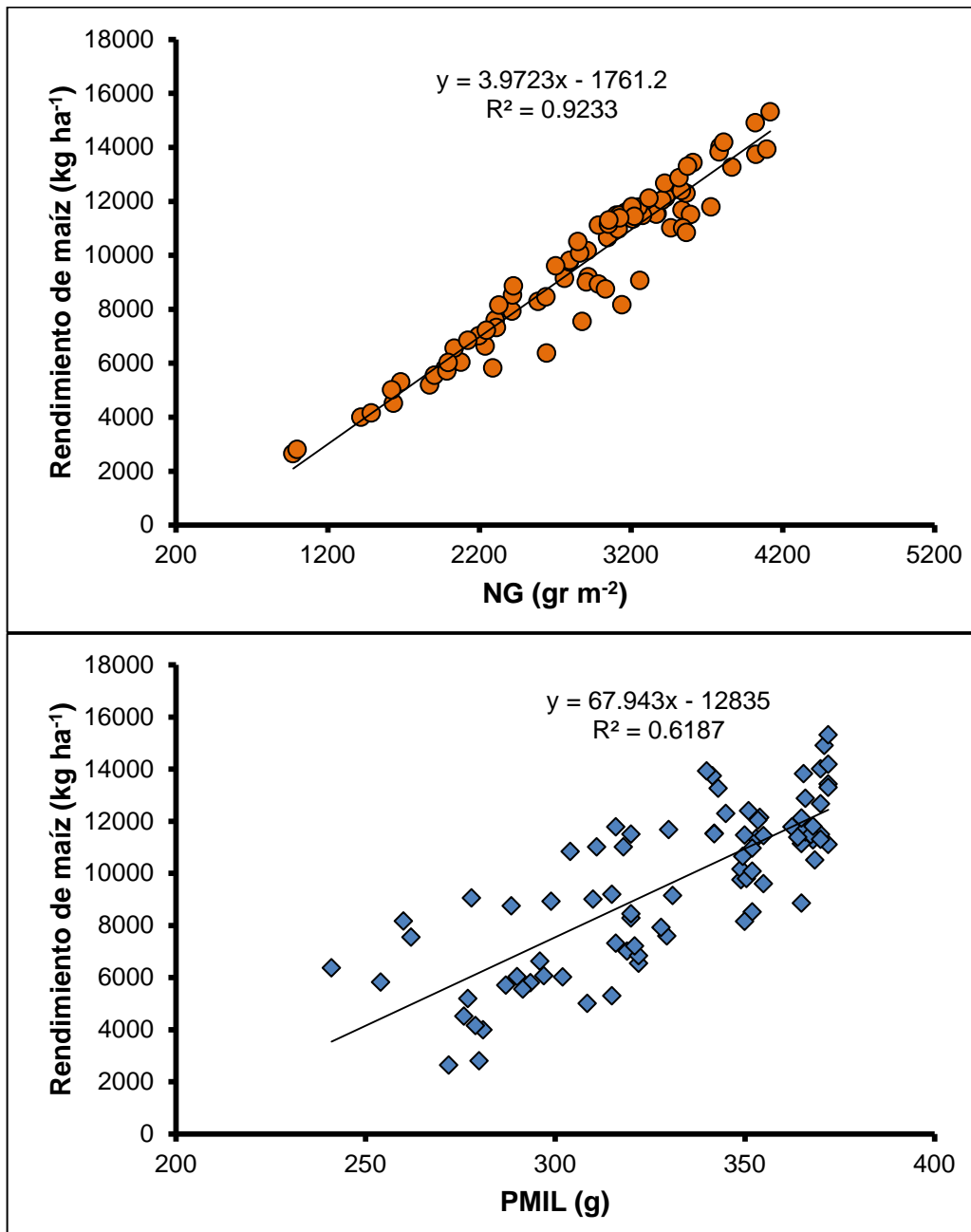


Fig. 6. Relaciones entre el rendimiento y el número de granos por m² (NG), y el peso de mil granos (PMIL). Red de Nutrición Región CREA Sur de Santa Fe 2010/11.

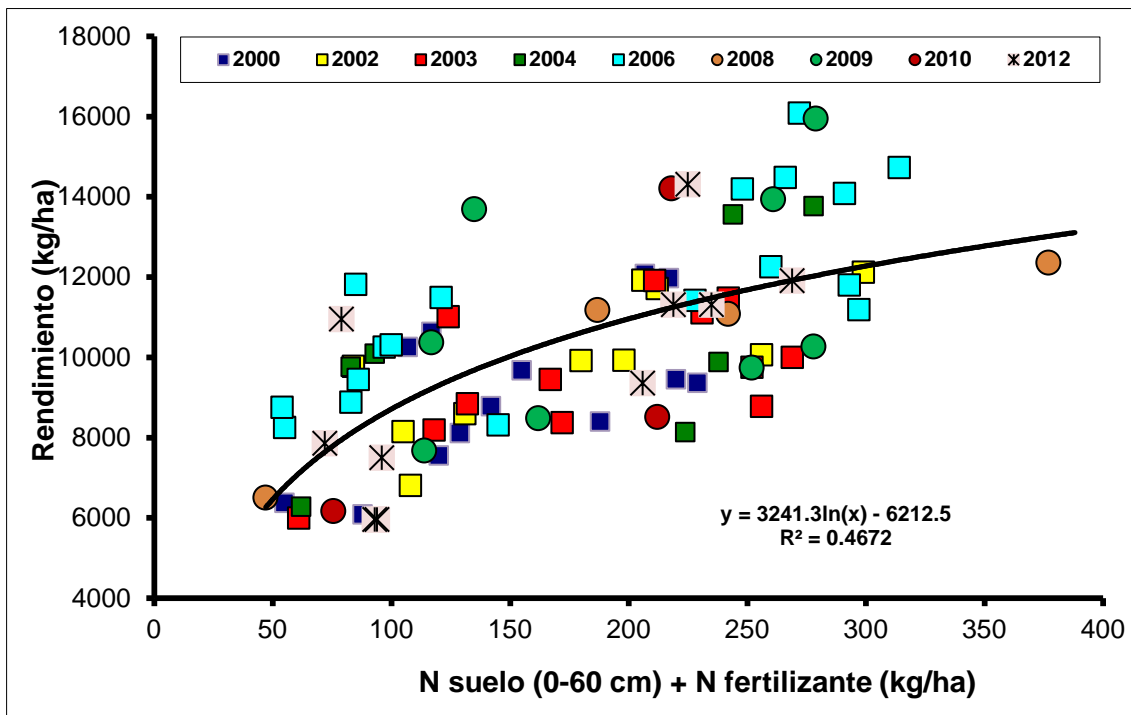


Fig. 7. Rendimiento de maíz en función de la disponibilidad de N-nitratos en pre-siembra (0-60 cm) + N aplicado como fertilizante. Red de Nutrición CREA Sur de Santa Fe, 2000, 2002, 2003, 2004, 2006, 2008, 2009, 2010 y 2012 (n=88).

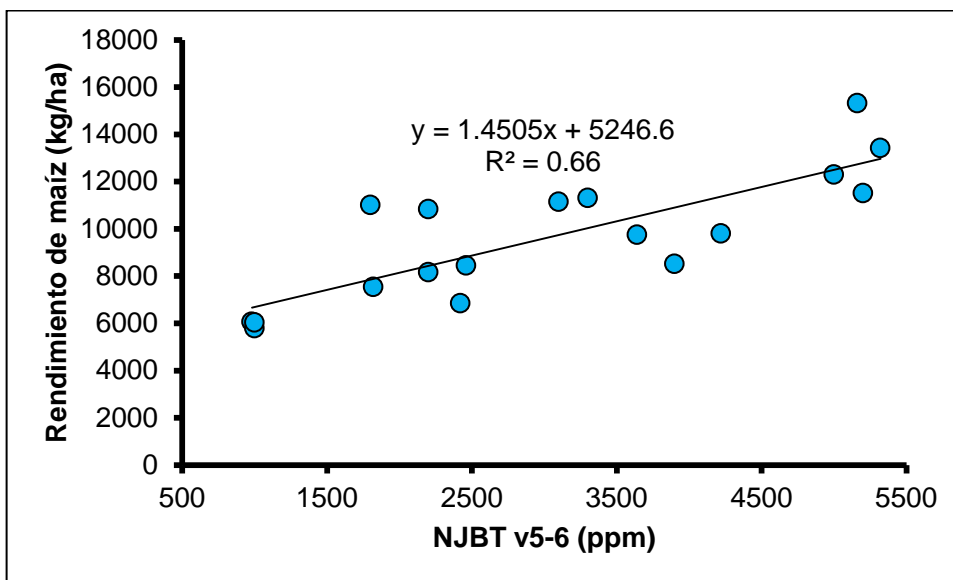


Fig. 8. Rendimiento de maíz en función de la concentración de nitratos en jugo de base de tallos en el estadio de v5-6. El análisis incluye los tratamientos PS y NPS en los sitios Balducchi, San Alfredo, La Blanca, y Lambaré. Red de Nutrición CREA Sur de Santa Fe, Campaña 2012/13.

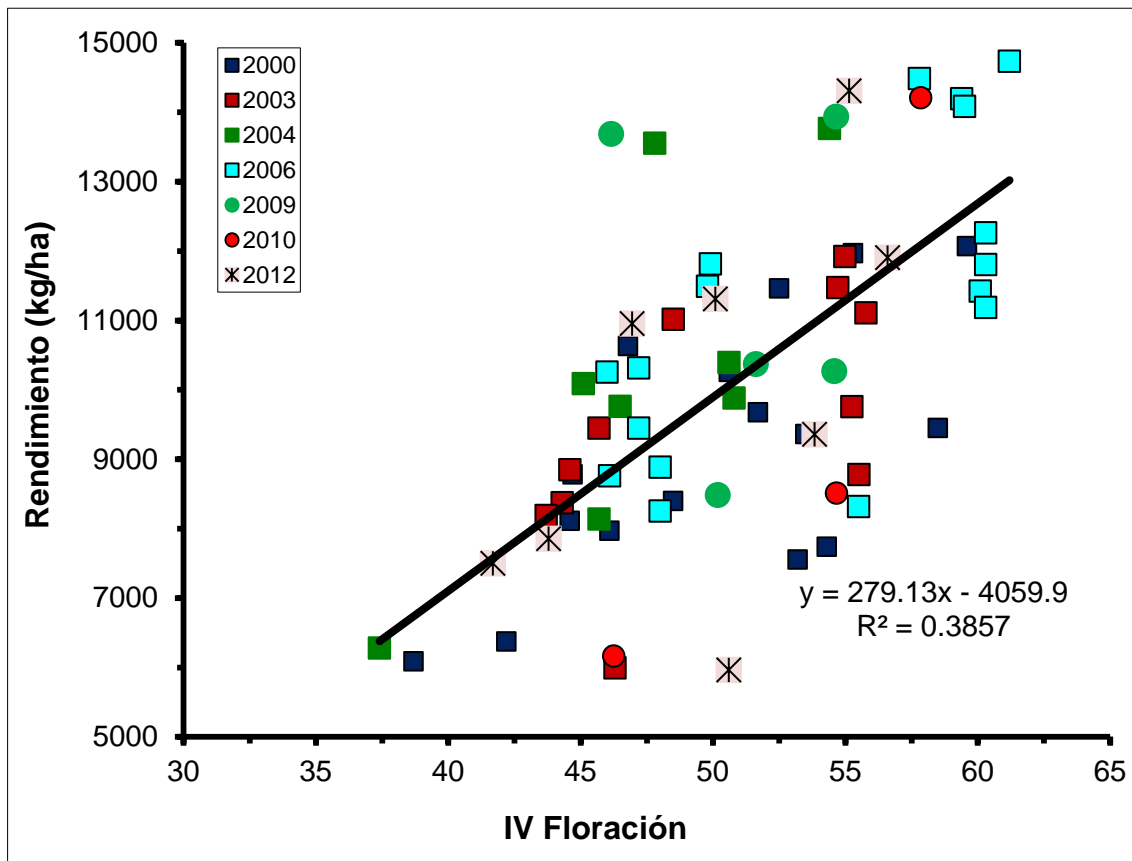


Fig. 9. Rendimiento de maíz en función del índice de verdor (Minolta SPAD) en estado de floración (antesis). El análisis incluye los tratamientos PS y NPS en los sitios Balducchi, San Alfredo, La Blanca, La Hansa y Lambaré. Red de Nutrición CREA Sur de Santa Fe, Campañas 2000, 2003, 2004, 2006, 2009, 2010 y 2012 (n=71).

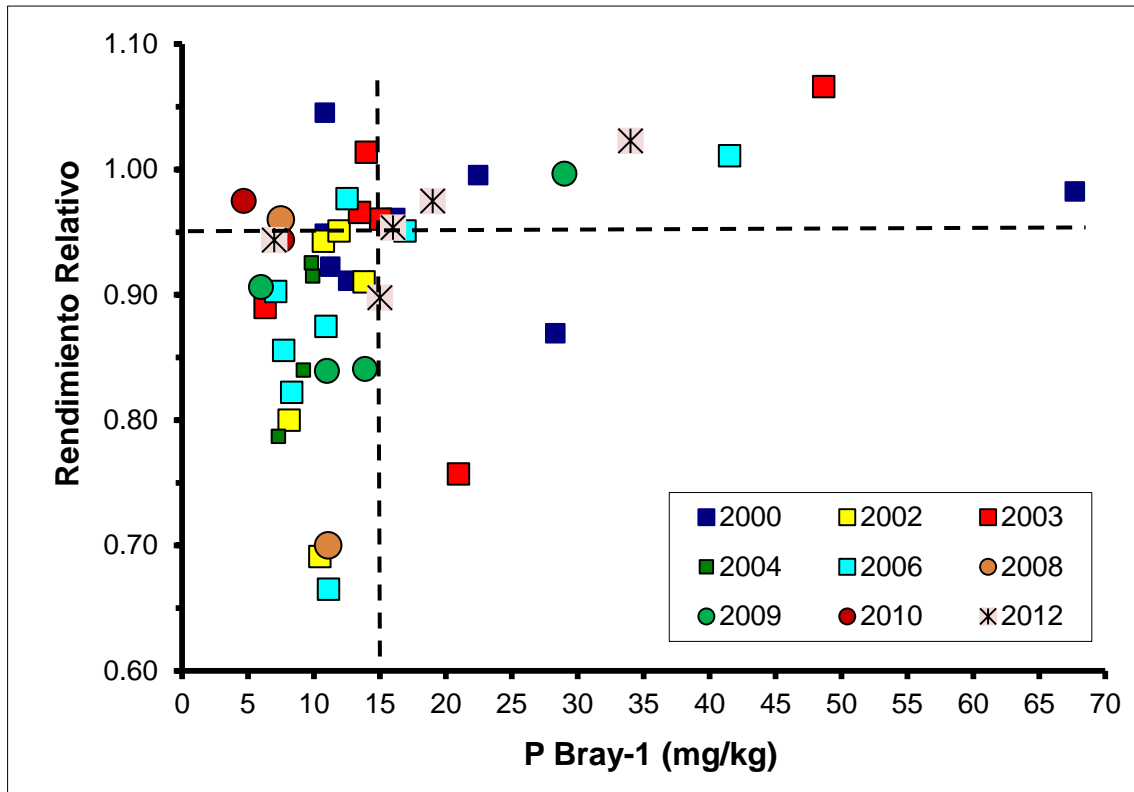


Fig. 10. Rendimiento relativo de maíz (NS:NPS) en función del nivel de P Bray-1 a 0-20 cm de profundidad a la siembra. La línea horizontal indica rendimiento relativo del 95% y la vertical la concentración de P Bray de 15 mg/kg. Ensayos Región CREA Sur de Santa Fe, 2000, 2002, 2003, 2004, 2006, 2008, 2009, 2010 y 2012 (n=45).

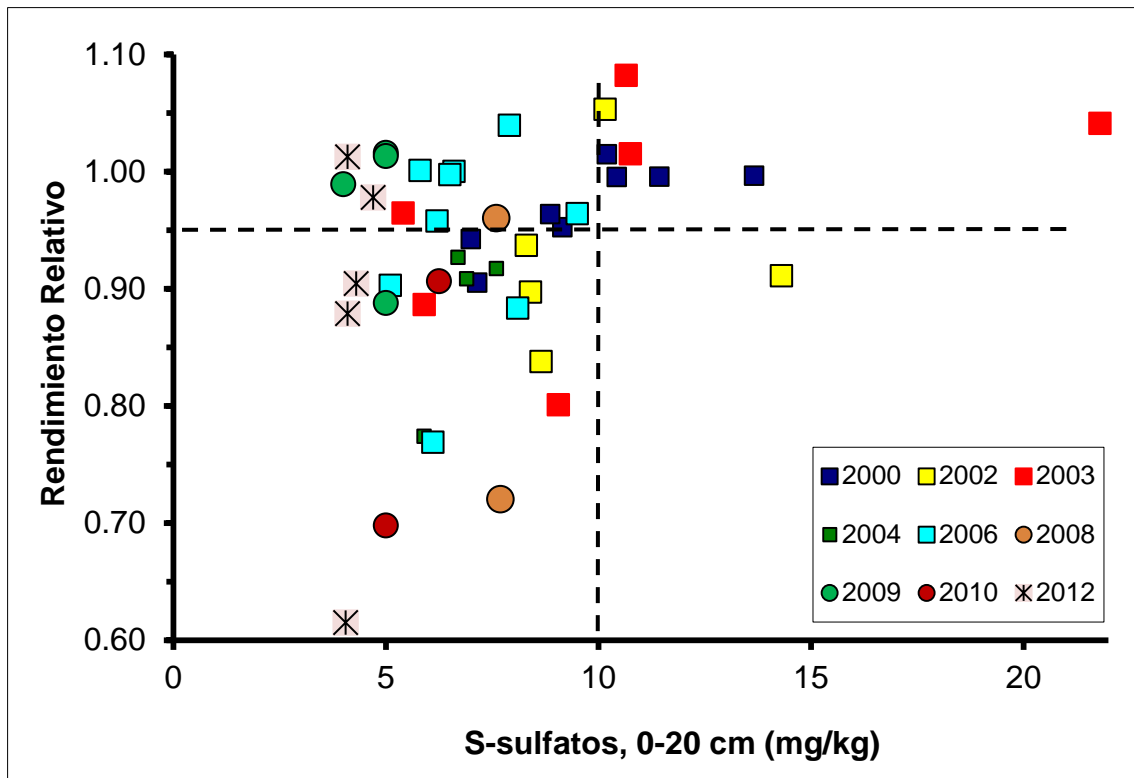


Fig. 11. Rendimiento relativo de maíz (Rendimiento NP/Rendimiento NPS) en función del nivel de S-sulfatos a 0-20 cm de profundidad a la siembra. La línea horizontal indica rendimiento relativo del 95% y la vertical la concentración de S-sulfatos de 10 mg/kg. Ensayos Región CREA Sur de Santa Fe, 2000, 2002, 2003, 2004, 2006, 2008, 2009, 2010 y 2012 (n=45).