

# RED DE ENSAYOS EN NUTRICIÓN DE CULTIVOS REGIÓN CREA SUR DE SANTA FE

## RESULTADOS DE LA CAMPAÑA 2006/07: MAÍZ

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

Vea el informe completo en [www.ipni.net/lasc](http://www.ipni.net/lasc)

En la campaña 2006/07, 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. En este informe se reportan los resultados observados en nueve ensayos de maíz, de los cuales cuatro se encuentran en la rotación maíz-trigo/soja (M-T/S), y cinco en la rotación maíz-soja-trigo/soja (M-S-T/S). Para esta campaña 2006-07, 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, concentración de N-nitratos en jugo de base de tallos a 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.
- La evaluación de parámetros de suelo: P Bray 1, N-nitratos y S-sulfatos en tratamientos selectos.

El informe completo e información de años anteriores de la Red de Nutrición CREA Sur de Santa Fe se puede encontrar en García et al. (2006) y en los sitios de Internet [www.aacrea.org.ar](http://www.aacrea.org.ar) y [www.ipni.net/lasc](http://www.ipni.net/lasc).

### Materiales y Métodos

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 2006/07 se indican en la Tabla 1. Los seis tratamientos establecidos fueron similares en los nueve sitios. En todos los sitios, los tratamientos se disponen en un diseño en bloques completos con tres repeticiones. 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 determinó el contenido de agua del suelo a 0-100 cm de profundidad a la siembra, floración y madurez fisiológica en el tratamiento 5 (NPS). Al estado V5-6 se determinó la concentración de nitratos en jugo de base de tallos (JBT) utilizando un equipo Nitrachek en los tratamientos PS y NPS. En V5-6 y floración, se determinó el índice de verdor utilizando un Minolta SPAD 502 en los mismos tratamientos.

En madurez fisiológica se determinó el número de espigas por m<sup>2</sup>. A cosecha se determinó el rendimiento, la humedad de grano y el peso de mil granos. Los rendimientos reportados se han corregido al 14% de humedad. Con la información de espigas por m<sup>2</sup> y de peso de mil granos, se estimó el número de granos por espiga y por m<sup>2</sup>.

### Resultados Análisis de suelo

La evolución de los niveles de P Bray y de contenidos de N-nitratos y S-sulfatos a lo largo de los seis años de ensayo indica que:

- En la rotación M-T/S, el nivel de P disminuyó 0.25 mg/kg por año en NS y aumentó 1.9 mg/kg por año en NPS. Para la rotación M-S-T/S, P Bray aumentó 2.6 mg/kg por año en NPS y disminuyó 1.0 mg/kg por año en NS (Fig. 1).
- La evolución de N-nitratos no muestra efectos residuales de la fertilización nitrogenada (comparación NPS vs. PS) en la rotación M-S-T/S, pero se observa una tendencia muy leve de residualidad, con mayor contenido de N-nitratos a la siembra en el tratamiento NPS vs. el PS, en los últimos años en la rotación M-T/S.
- La evolución del contenido de S-sulfatos muestra una tendencia de acumulación en el tratamiento NPS, con respecto al tratamiento NP, en los últimos dos años en las dos rotaciones.

### Rendimientos y respuestas a la fertilización

Los rendimientos de maíz de la campaña 2006/07 fueron muy buenos, debido al régimen climático muy propicio para el desarrollo y crecimiento del cultivo,

lográndose rendimientos superiores a los 16000 kg/ha en el ensayo de La Blanca, record para esta Red de Nutrición (Fig. 2).

Las precipitaciones variaron de 619 a 908 mm entre Octubre y Febrero y, para el periodo Diciembre-Enero totalizaron de 269 a 450 mm. Las buenas precipitaciones se reflejaron en altos contenidos de agua en el suelo a floración. Considerando las precipitaciones registradas entre Octubre y Febrero, se estiman eficiencias de uso de agua (promedio para los nueve sitios) de 10.7, 13.3, 15.3, 17.3, 18.3 y 18.6 kg/ha por mm, para los tratamientos Testigo, PS, NS, NP, NPS y Completo, respectivamente.

Se observaron respuestas significativas a los tratamientos de fertilización en los nueve sitios. Las respuestas promedio a N, P, S y otros nutrientes fueron de 3957, 2620, 1335 y 43 kg/ha para la rotación M-T/S y de 3378, 1820, 259 y 287 kg/ha para la rotación M-T/S, respectivamente (Fig. 2).

Las diferencias entre los tratamientos de fertilización se ampliaron en este ciclo de maíz respecto a los anteriores en ambas rotaciones (Fig. 2). Esta tendencia ha venido observándose a lo largo de los años de experimentación en la Red. La diferencia entre el tratamiento NPS y el Testigo fue del 81% y del 64% para las rotaciones M-T/S y M-S-T/S, respectivamente, en 2006/07; esta diferencia fue del 64% y 58%, respectivamente, en el maíz anterior de ambas rotaciones. Las diferencias relativas se han incrementado a partir del mayor rendimiento de los tratamientos fertilizados, que han sido más eficientes en aprovechar las buenas condiciones climáticas, ya que los rendimientos de los Testigo han sido estables a través de los años. La acumulación de fertilidad de los tratamientos fertilizados se refleja en la evolución de los niveles de P Bray y, en menor medida, de sulfatos. Otros factores (mayor cantidad de rastrojos, etc.) han contribuido a este efecto de acumulación de fertilidad generando cambios positivos en el ambiente edáfico (García et al., 2006).

El número de granos por m<sup>2</sup> y el peso de mil granos se relacionaron significativamente con el rendimiento (Fig. 3). El rendimiento no se relacionó significativamente con el número de granos por espiga ( $r^2=0.08$ ) o el número de espigas por m<sup>2</sup> ( $r^2=0.0056$ ). Por lo tanto, las respuestas en rendimiento a la fertilización se explican fundamentalmente por efectos sobre el número de granos por m<sup>2</sup> ( $r^2=0.79$ ) y, en menor medida por el peso de mil granos ( $r^2=0.54$ ).

### 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. Debe tenerse en cuenta que las respuestas aquí indicadas involucran el efec-

to directo de la fertilización de esta campaña más el efecto residual de las aplicaciones de 2000/01 (Maíz), 2001/02 (Trigo/Soja o Soja I), 2002/03 (Maíz o Trigo/Soja), 2003/04 (Trigo/Soja o Maíz), 2004/05 (Maíz o Soja I) y 2005/06 (Trigo/Soja). Asimismo, en todos los casos se evalúan las relaciones para las 5 campañas de información de maíz de la Red de Nutrición, incluyendo cinco sitios en el 2000/01 y 2002/03 y cuatro en el 2004/05 para M-T/S, y seis sitios en el 2000/01 y 2003/04 para M-S-T/S.

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. 4). Si bien la variabilidad de la relación es alta, permitiría estimar necesidades de 140-150 kg/ha de N (suelo + fertilizante) para alcanzar 10000 kg/ha de rendimiento y de 200-220 kg/ha de N para lograr 11000 kg/ha de rendimiento. 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 110 kg/ha N (el promedio de los 31 sitios-año de maíz en esta Red), la aplicación de 50 kg de N resultaría en una respuesta de 1068 kg/ha o sea 21.4 kg de maíz por kg de N aplicado y la aplicación de 100 kg/ha de N en una respuesta de 1842 kg/ha o 18.4 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 nitratos en jugo de base de tallos al estado de 5-6 hojas desarrolladas (V5-6) se relacionó con el rendimiento relativo de los tratamientos PS (Rendimiento PS/Rendimiento NPS). Esta relación presenta alta variabilidad y no alcanza niveles de Rendimiento Relativo superiores a 0.90 en el rango explorado por lo cual su utilidad es casi nula.

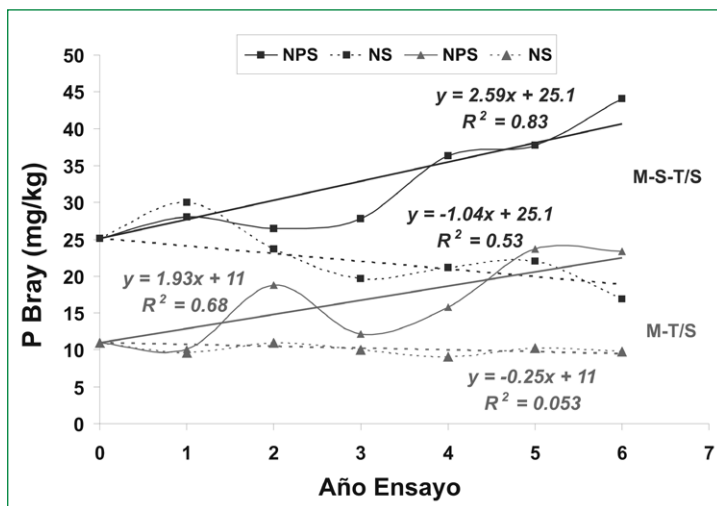
Los rendimientos se relacionaron con el índice de verdor (IV), determinado con el Minolta SPAD 502, al estado de floración. La relación indica que con niveles de índice de verdor superiores a 50 se alcanzarían rendimientos superiores a 10000 kg/ha y niveles superiores a 55 alcanzarían los 11000 kg/ha. El uso de valores relativos de IV, como el índice de suficiencia (ISN=IV PS/IS NPS), no mejoró el ajuste. La utilidad de esta relación es relativa ya que indicaría la posibilidad de alcanzar determinado rendimiento en un estado muy avanzado del cultivo cuando es muy difícil corregir la nutrición nitrogenada. La determinación al estado de V5-6 no se relacionó con los rendimientos o las respuestas a N.

Considerando los 31 sitios de las cinco campañas, el rendimiento relativo de maíz (Rendimiento NS/Rendimiento NPS) se relacionó significativamente con la concentración de P Bray en el suelo a la siembra (0-20 cm) (Fig. 5). El 73% de los sitios con

P Bray menor de 15 mg/kg presentaron rendimientos relativos menores del 95%, mientras que el 78% de los sitios con P Bray superior a 15 mg/kg presentó rendimientos relativos mayores del 95%.

Las respuestas a S, efectos directos de la fertilización del año y residuales de fertilizaciones de años anteriores, se relacionaron con la concentración de S-sulfatos a 0-20 cm en el muestreo de pre-siembra. La Figura 6 muestra que por debajo de 10 mg/kg de

S-sulfatos las respuestas a S fueron de 300 kg/ha o superiores. De los 31 sitios-año evaluados, un 55% presentó niveles de S-sulfatos menores de 10 mg/kg y respuestas superiores a 300 kg/ha, 26% de los sitios-año presentaron niveles de S-sulfatos superiores a 10 mg/kg y respuestas menores de 300 kg/ha. Un 19% de los sitios-año no se ajustó a esta tendencia. Los rendimientos de maíz no se relacionaron con la disponibilidad de S-sulfatos a la siembra (S-sulfatos 0-60 cm + S aplicado).



**Figura 1.** Evolución del nivel de P Bray (0-20 cm) en los tratamientos NS y NPS, promedios para cada rotación, en los siete años de ensayo. Red de Nutrición Región CREA Sur de Santa Fe.

## Conclusiones

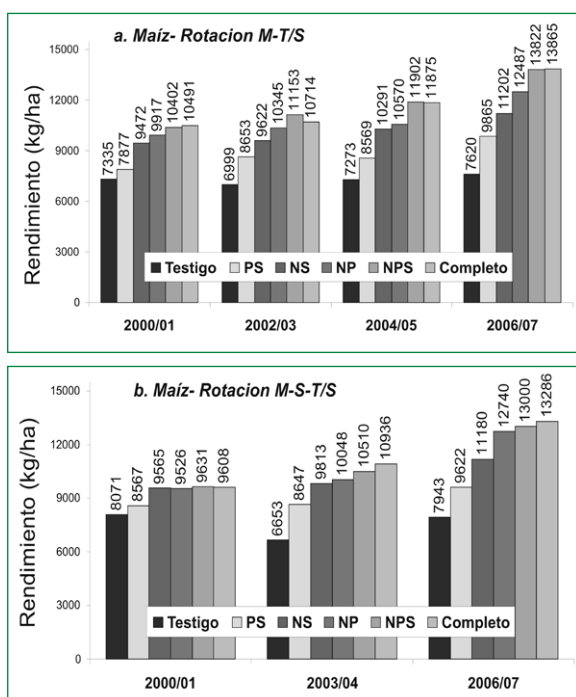
- Los análisis de suelos realizados en pre-siembra mostraron efectos residuales de fertilizaciones de campañas anteriores para P Bray, S-sulfatos y N-nitratos. El efecto residual es muy claro para P Bray y leve para S-sulfatos. Para N-nitratos, se observa solamente una tendencia en algunos sitios en los dos últimos años de evaluación, probablemente relacionada con las condiciones climáticas durante los períodos de barbecho.
- Los rendimientos de maíz en la campaña 2006/07 fueron excelentes, alcanzando niveles record para esta Red de Nutrición, debido a las excelentes condiciones climáticas registradas y la adecuada tecnología de producción.
- El número de granos por metro cuadrado

**Tabla 1.** Tratamientos establecidos en los nueve sitios experimentales.

Tratamiento	1	2	3	4	5	6
Nombre	Testigo	PS	NS	NP	NPS	NPSMgK + Micros
	Fertilizante (kg/ha)					
FMA		182		182	182	182
Urea			380	341	341	341
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	308	506	523	649	747
	Nutrientes (kg/ha)					
N		18	175	175	175	175
P		40		40	40	40
K						20
Mg						12
S		24	24		24	24
B						1
Zn						2
Cu						2

y el peso de mil granos se relacionaron significativamente con el rendimiento.

- La respuesta a NPS fue significativa en dos sitios, a NP en seis sitios, a NS en tres sitios, a N y P en un sitio (Lambaré) y en un sitio a otros nutrientes (La Hansa).
- Considerando los 31 sitios de las cinco 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 + N fertilizante), el rendimiento relativo y la concentración de nitratos en jugo de base de tallos a V5-6, y el rendimiento y el índice de verdor (SPAD 502) a floración. Disponibilidades de N a la siembra (suelo + fertilizante) de 140-150 kg/ha y de 200-220 kg/ha de N permiten alcanzar rendimientos de 10000 kg/ha y 11000 kg/ha, respectivamente.
- Los sitios con niveles de P Bray 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, la probabilidad de respuesta disminuye marcadamente.
- Las respuestas a la fertilización azufrada, efectos directos del año y residuales de años anteriores, se relacionaron con la disponibilidad de S-sulfatos a la siembra a 0-20 cm. Sitios con niveles de S-sulfatos menores de 10 mg/kg presentaron



**Figura 2.** Rendimientos promedio de maíz para los seis tratamientos en las dos rotaciones, a) M-T/S y b) M-S-T/S, en los siete años de experimentación. Red de Nutrición CREA Sur de Santa Fe 2006/07.

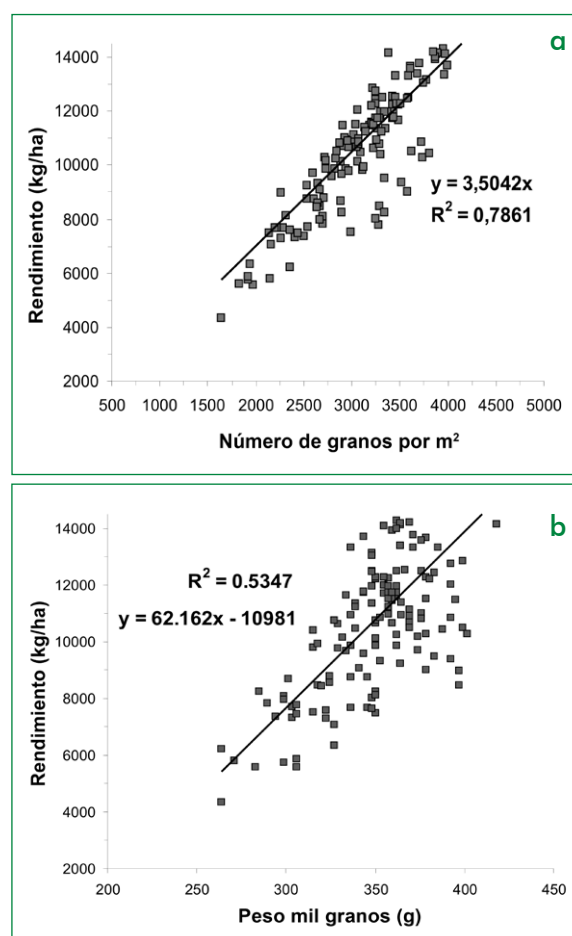
una alta frecuencia de respuestas mayores de 300 kg/ha. Sin embargo, los rendimientos de maíz no se relacionaron con la disponibilidad de S-sulfatos a la siembra (S-sulfatos suelo 0-60 cm + S aplicado)

## Agradecimientos

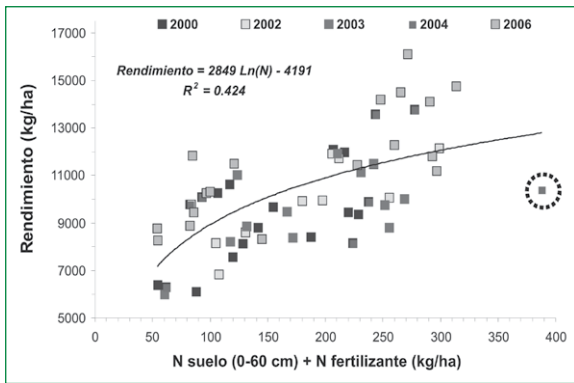
- A todos los asesores, productores y personal de los establecimientos que implantaron los ensayos y participan en este proyecto.
- A Agroservicios Pampeanos (ASP) por su continuo apoyo para la realización de esta Red.

## Referencia

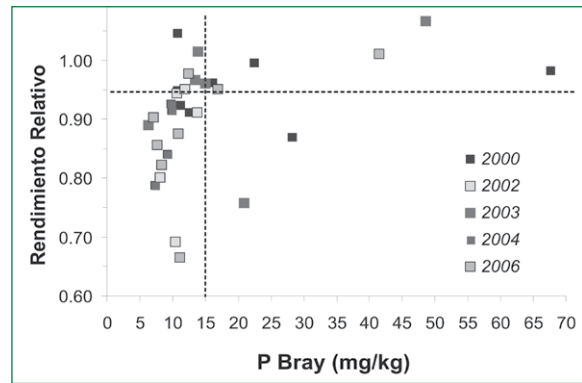
García F.O., M. Boxler, J. Minteguiaga, R. Pozzi, L. Firpo, G. Deza Marin y A. Berardo. 2006. La Red de Nutrición de la Región CREA Sur de Santa Fe – Resultados y Conclusiones de los primeros seis años 2000-2005. AACREA 2006. <



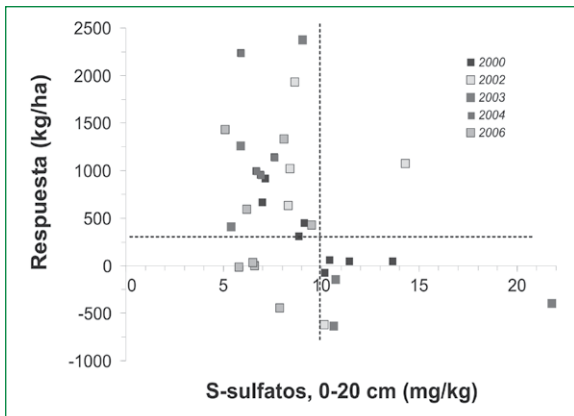
**Figura 3.** Relaciones entre el rendimiento y el número de granos por m<sup>2</sup> (a), y el peso de mil granos (b). Ensayos Zona CREA Sur de Santa Fe, maíz 2006/07.



**Figura 4.** 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 y 2006. El punto con el círculo de puntos fue excluido del ajuste.



**Figura 5.** Rendimiento relativo de maíz (rendimiento NS/Rendimiento NPS) en función del nivel de P Bray a 0-20 cm de profundidad a la siembra. La línea horizontal indica rendimiento relativo del 95% y las verticales la concentración de P Bray de 15 mg/kg. Ensayos Región CREA Sur de Santa Fe, 2000, 2002, 2003, 2004 y 2006.



**Figura 6.** Respuesta a la fertilización azufrada en maíz en función del nivel de S-sulfatos a 0-20 cm de profundidad a la siembra. La respuesta incluye efectos residuales de fertilizaciones anteriores y directos de la fertilización del año. Ensayos Región CREA Sur de Santa Fe, 2000, 2002, 2003, 2004 y 2006.

VEA ESTE Y TODOS LOS ARTICULOS  
DE INFORMACIONES AGRONOMICAS DEL CONO SUR EN:

[WWW.IPNI.NET/LASC](http://WWW.IPNI.NET/LASC)