

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

### ***Resultados de la campaña 2003/04: Trigo***

*Preparado por Hugo Blanco (Asesor CREA María Teresa), Miguel Boxler (Asesor Privado), Jorge Minteguiaga (Coordinador Zonal), Raúl Houssay (CREA María Teresa), Germán Deza Marin (Agroservicios Pampeanos), Angel Berardo (Unidad Integrada INTA-FCA Balcarce) y Fernando O. García (INPOFOS Cono Sur)*

En la campaña 2003/04, la región Sur de Santa Fe del movimiento CREA, con 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)

En este informe se reportan los resultados observados en trigo en cinco ensayos que se destinaron a trigo/soja en la campaña 2003/04. 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 al macollaje e índice de verdor al macollaje y antesis.
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 en la campaña 2000/01 (Tabla 1). En la campaña 2000/01 se sembró maíz, en la campaña 2001/02 el doble cultivo trigo/soja y en el 2002/03 maíz. Los tratamientos de fertilización se realizan anualmente siempre sobre las mismas parcelas.

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. 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.

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 Nitracheck en los tratamientos PS y NPS. Al macollaje y antesis, se determinó el índice de verdor utilizando un Minolta SPAD 502 en los mismos tratamientos.

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 la Tabla 3 se muestran los resultados de los análisis de suelo previos a la siembra. Los efectos residuales de fertilizaciones anteriores se observaron solamente para P en El Fortín, para N-nitratos en la Marta y para S en los cinco sitios. La baja residualidad de aplicaciones previas de N y P podría atribuirse a la extracción de ambos nutrientes por los altos rendimientos alcanzados en cultivos anteriores en los tratamientos fertilizados.

Los niveles de disponibilidad de N-nitratos fueron bajos en Balducci, El Fortín y La Marta, y cercanos a los 100 kg/ha, cantidad de N disponible utilizada como nivel crítico por varios grupos CREA de la Región Sur de Santa Fe, en El Pilarcito y San Alfredo.

El contenido de P Bray de este grupo de ensayos es bajo, con la excepción de San Alfredo que se ubica en valores medios. Los niveles S-sulfatos se ubicaron por debajo de 10 ppm S-sulfatos, indicado como umbral crítico en la literatura internacional.

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

En general, los rendimientos de trigo de la campaña 2003/04 fueron excelentes gracias al régimen térmico muy propicio para el desarrollo y crecimiento del cultivo, y a la muy baja incidencia de enfermedades de hoja o de espiga. En La Marta, el cultivo fue afectado por la caída intensa de granizo el 22/10/03, por lo tanto los rendimientos reportados son mucho menores a los esperados de acuerdo al desarrollo del cultivo.

Las precipitaciones se ubicaron por debajo de los niveles de los últimos años, pero los efectos de aporte de agua a través de la napa freática fueron evidentes en algunos de los sitios. La disponibilidad de agua a la siembra fue elevada en todos los sitios (Tabla 1), y contribuyó al desarrollo adecuado del cultivo a pesar de las bajas precipitaciones de Junio, Septiembre y Octubre. Teniendo en cuenta el período de crecimiento del cultivo (Junio-Noviembre), las precipitaciones fueron inferiores a los 220 mm para todos los sitios.

Los rendimientos, respuestas y el análisis estadístico se presentan en la Tabla 4. Las adecuadas condiciones climáticas para el crecimiento del cultivo permitieron observar respuestas significativas a los tratamientos de fertilización en los cinco sitios. Los rendimientos promedio de los cinco ensayos muestran respuestas de 995, 1339, 268 y 456 kg/ha a N, P, S y otros nutrientes, respectivamente (Fig. 1).

El sitio de **Balducci** mostró respuestas significativas a todos los nutrientes (N, P, S y otros nutrientes). Este sitio presenta una prolongada historia de agricultura continua con baja reposición de nutrientes por fertilización, siendo los niveles de nutrientes disponibles en el suelo bajos a muy bajos (Tabla 3).

En **El Fortín** se registraron los rendimientos más bajos como resultado de la baja ocurrencia de precipitaciones entre Junio y Octubre y, probablemente, un menor aporte de agua por la napa que en los otros sitios experimentales, dada la posición del lote. De todas maneras, las respuestas a N, P y S fueron significativas de acuerdo a la baja disponibilidad de estos nutrientes en el suelo.

En **El Pilarcito**, se determinaron respuestas significativas a N y P. En **La Marta**, los rendimientos se vieron afectados por el granizo, pero igualmente se determinaron diferencias significativas con la aplicación de P.

**San Alfredo** fue el sitio en el que se lograron los mayores rendimientos lograndose mas de 6500 kg/ha en el tratamiento Completo. Las respuestas fueron significativas cuando se aplicaron NPS juntos y con el agregado de otros nutrientes.

## ***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 determinadas y las respuestas a los nutrientes. Debe tenerse en cuenta que las respuestas aquí indicadas involucran el efecto directo de la fertilización de esta campaña más el efecto residual de las aplicaciones de 2000/01 (Maíz), 2001/02 (Trigo/Soja) y 2002/03 (Maíz). Asimismo, en todos los casos se evalúan las relaciones para los 3 años de información de trigo de la Red de Nutrición, incluyendo estos mismos cinco

sitios en el 2001/02 y los seis sitios de la campaña 2002/03: Lambaré, La Blanca, La Hansa, La Lira, San Antonio y Santo Domingo. Estos sitios se manejan con la rotación maíz-soja-trigo/soja.

Considerando los 16 sitios en las tres campañas, se estimó una relación significativa entre la disponibilidad de N-nitratos en el suelo a la siembra (0-60 cm de profundidad) y la respuesta a la aplicación de N (Fig. 2). Esta relación indica que, para estos experimentos, la aplicación de 120 kg/ha de N fue rentable con niveles de N-nitratos de 60 kg/ha o menores.

La Fig. 3 muestra la relación entre los rendimientos alcanzados con distintas disponibilidades de N a la siembra (N-nitratos + N fertilizante) para los tres años de evaluación. La relación fue significativa para las campañas 2001/02 y 2003/04, lográndose rendimientos de 3200 y 4000 kg/ha con 100 kg de N disponible y de 3500 y 4400 kg/ha con 150 kg de N disponible en 2001/02 y 2003/04, respectivamente. En la campaña 2002/03, los rendimientos y las respuestas a la fertilización fueron reducidos, por lo que en general no se pudieron establecer relaciones significativas con las variables medidas.

La concentración de nitratos en jugo de base de tallos al macollaje también se relacionó con la respuesta a la fertilización nitrogenada en las campañas 2001/02 y 2003/04 (Fig. 4). Para 2001/02, la aplicación de 120 kg/ha de N fue rentable con concentraciones de nitratos de 500 ppm o menores y para 2003/04 con concentraciones de 1300 ppm o menores. La respuesta a N no se relacionó con el índice de verdor al macollaje o antesis (datos no mostrados).

Considerando los 16 sitios de las tres campañas, la respuesta a la fertilización fosfatada se relacionó significativamente con la concentración de P Bray en el suelo a la siembra (0-20 cm) (Fig. 5). Para los suelos de P Bray inferior a 20 ppm (14 sitios), la respuesta a la fertilización fosfatada aumenta 109 kg/ha con la disminución de 1 ppm de P Bray. Los suelos con menos de 15 ppm de P Bray muestran una respuesta a la fertilización fosfatada mayor de 400 kg/ha que sería equivalente al costo de aplicación de una dosis de 20 kg/ha de P (Fig. 6).

Las respuestas a S no se pudieron relacionar con la disponibilidad de S-sulfatos a 0-20 cm (Fig. 7) o a 0-60 cm (Fig. 8). En general, los niveles de S-sulfatos a la siembra fueron muy bajos, menores de 10 ppm a 0-20 cm, en las tres campañas, por lo que no se pudo manejar un rango adecuado para explorar este tipo de relaciones. Tampoco se observó relación alguna entre la disponibilidad de S a los 0-60 cm y el rendimiento de trigo (Fig. 9).

## Conclusiones

1. Las condiciones climáticas registradas resultaron en excelentes rendimientos de trigo en la campaña 2003/04 y permitieron expresar el potencial de respuesta a los distintos nutrientes.
2. Se encontraron respuestas significativas a N en cuatro sitios, a P en cuatro sitios, a S en dos sitios y a otros nutrientes en dos sitios (Balducci y San Alfredo). Excepto en La Marta, donde la respuesta a P fue la mas

importante, en los otros sitios el efecto de NPS fue significativo con una respuesta promedio en los cinco ensayos de 2393 kg/ha sobre el Testigo.

3. Considerando los 16 sitios de las tres campañas evaluadas en la Red de Nutrición (2001/02, 2002/03y 2003/04), se obtuvieron relaciones significativas entre las respuestas a N y la disponibilidad de N-nitratos en suelo a la siembra y la concentración de nitratos en jugo de base de tallos al macollaje. Disponibilidades de N a la siembra (suelo + fertilizante) de 100 a 150 kg/ha permiten alcanzar rendimientos de 3200 a 4000 kg/ha según las condiciones climáticas del año.
4. Las respuestas a P son rentables con niveles de P Bray inferiores a 15 ppm.
5. Las respuestas a la fertilización azufrada no se relacionaron con la disponibilidad de S-sulfatos a la siembra.
6. Dos sitios mostraron respuestas significativas a otros nutrientes en esta campaña 2003/04. Probablemente, los efectos de la aplicación de nutrientes no convencionales empiecen a observarse luego de varios años de obtener mayores rendimientos en base a fertilizaciones NPS.

### ***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, anthesis y madurez fisiológica y precipitaciones durante el ciclo del cultivo. Ensayos CREA sur de Santa Fe, Trigo 2003/04.

| 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                              | 7              | 41       | 7            | 9            |
| Antecesor                          | Maíz                              |                |          |              |              |
| Variedad                           | ProINTA Gaucho                    |                |          |              |              |
| Fecha de siembra                   | 26/6                              | 26/6           | 23/6     | 24/6         | 27/6         |
| Densidad (pl/m <sup>2</sup> )      | 318                               | 335            | 393      | 320          | 388          |
| Fecha de Cosecha                   | 6/12                              | 29/11          | 10/12    | 10/12        | 6/12         |
|                                    | <i>Lámina de agua en el suelo</i> |                |          |              |              |
| Siembra (mm) (0-100 cm)            | 248                               | 238            | 204      | 323          | 325          |
| Floración (mm) (0-60 cm)           | 135                               | 125            | 283      | 243          | 206          |
| Madurez fisiológica (mm) (0-60 cm) | 180                               | 150            | 192      | 221          | 222          |
|                                    | <i>Precipitaciones</i>            |                |          |              |              |
| Abril                              | 148                               | 160            | 70       | 80           | 139          |
| Mayo                               | 0                                 | 47             | 14       | 18           | 30           |
| Junio                              | 0                                 | 0              | 0        | 7            | 0            |
| Julio                              | 81                                | 40             | 28       | 85           | 65           |
| Agosto                             | 18                                | 22             | 34       | 18           | 16           |
| Septiembre                         | 5                                 | 0              | 0        | 5            | 1            |
| Octubre                            | 33                                | 37             | 0        | 14           | 2            |
| Noviembre                          | 82                                | 104            | 69       | 91           | 78           |
| Diciembre                          | 70                                | 60             | 140      | 160          | 146          |
| Junio-Noviembre                    | 219                               | 203            | 131      | 220          | 162          |

Tabla 2. Tratamientos establecidos en los ocho sitios experimentales.

| Tratamiento                       | 1                           | 2          | 3          | 4          | 5          | 6                |
|-----------------------------------|-----------------------------|------------|------------|------------|------------|------------------|
| Nombre                            | Testigo                     | PS         | NS         | NP         | NPS        | NPSMgK<br>Micros |
|                                   | <b>Fertilizante (kg/ha)</b> |            |            |            |            |                  |
| <b>FMA</b>                        |                             | <b>165</b> |            | <b>165</b> | <b>165</b> | <b>165</b>       |
| <b>Urea</b>                       |                             |            | <b>260</b> | <b>224</b> | <b>224</b> | <b>224</b>       |
| <b>SulPoMag</b>                   |                             |            |            |            |            | <b>90</b>        |
| <b>Azufertil (19%)</b>            |                             | <b>105</b> | <b>105</b> |            | <b>105</b> |                  |
| <b>B10</b>                        |                             |            |            |            |            | <b>10</b>        |
| <b>Cu25</b>                       |                             |            |            |            |            | <b>8</b>         |
| <b>Fertilizante total (kg/ha)</b> | <b>0</b>                    | <b>270</b> | <b>365</b> | <b>389</b> | <b>494</b> | <b>497</b>       |
|                                   | <b>Nutrientes (kg/ha)</b>   |            |            |            |            |                  |
| <b>N</b>                          |                             | <b>17</b>  | <b>120</b> | <b>120</b> | <b>120</b> | <b>120</b>       |
| <b>P</b>                          |                             | <b>37</b>  |            | <b>37</b>  | <b>37</b>  | <b>37</b>        |
| <b>K</b>                          |                             |            |            |            |            | <b>18</b>        |
| <b>Mg</b>                         |                             |            |            |            |            | <b>10</b>        |
| <b>S</b>                          |                             | <b>20</b>  | <b>20</b>  |            | <b>20</b>  | <b>20</b>        |
| <b>B</b>                          |                             |            |            |            |            | <b>1</b>         |
| <b>Cu</b>                         |                             |            |            |            |            | <b>2</b>         |

# Los micronutrientes B, Cu, Zn y Mo se expresan como kg de nutriente ya que pueden usarse distintas fuentes como fertilizante.

Tabla 3. Análisis de suelo previos a la siembra del trigo en los ensayos de segundo año. Promedios de dos repeticiones.

| Ensayo       | Tratamiento | P          | N-NO <sub>3</sub> | N-NO <sub>3</sub> | S-SO <sub>4</sub> | S-SO <sub>4</sub> |
|--------------|-------------|------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
|              |             | <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          |            | 9                 | 49                |                   |                   |
|              | NS          | 9          |                   |                   |                   |                   |
|              | NP          |            |                   |                   | 6                 | 40                |
|              | NPS         | 10         | 10                | 56                | 9                 | 62                |
| El Fortín    | PS          |            | 12                | 56                |                   |                   |
|              | NS          | 8          |                   |                   |                   |                   |
|              | NP          |            |                   |                   | 6                 | 41                |
|              | NPS         | 13         | 11                | 50                | 9                 | 73                |
| El Pilarcito | PS          |            | 13                | 80                |                   |                   |
|              | NS          | 9          |                   |                   |                   |                   |
|              | NP          |            |                   |                   | 7                 | 46                |
|              | NPS         | 10         | 14                | 90                | 10                | 77                |
| La Marta     | PS          |            | 13                | 63                |                   |                   |
|              | NS          | 8          |                   |                   |                   |                   |
|              | NP          |            |                   |                   | 7                 | 48                |
|              | NPS         | 10         | 17                | 86                | 9                 | 66                |
| San Alfredo  | PS          |            | 20                | 112               |                   |                   |
|              | NS          | 16         |                   |                   |                   |                   |
|              | NP          |            |                   |                   | 10                | 63                |
|              | NPS         | 18         | 21                | 104               | 10                | 79                |

Tabla 4. Rendimientos de trigo para los seis tratamientos evaluados y respuestas a N, P, S, NPS y otros nutrientes en los seis ensayos. Promedios de tres repeticiones.

| Tratamiento                 | Balducci | El Fortin | El Pilarcito | La Marta | San Alfredo | Promedio |
|-----------------------------|----------|-----------|--------------|----------|-------------|----------|
| <i>Rendimientos (kg/ha)</i> |          |           |              |          |             |          |
| Testigo                     | 1984 e # | 1546 d    | 2950 c       | 1206 c   | 3377 d      | 2213     |
| PS                          | 3502 d   | 2540 c    | 4053 b       | 3178 b   | 4776 c      | 3610     |
| NS                          | 4130 c   | 2378 c    | 3652 b       | 1116 c   | 5054 bc     | 3266     |
| NP                          | 4437 c   | 3214 b    | 5015 a       | 3242 b   | 5777 b      | 4337     |
| NPS                         | 5160 b   | 3682 a    | 5325 a       | 3531 ab  | 5328 bc     | 4605     |
| Completo                    | 6000 a   | 3533 ab   | 5150 a       | 4030 a   | 6593 a      | 5061     |
| DMS (5%)                    | 545      | 349       | 480          | 751      | 729         | -        |
| <i>Respuestas (kg/ha)</i>   |          |           |              |          |             |          |
| N                           | 1658     | 1142      | 1272         | 353      | 552         | 995      |
| P                           | 1030     | 1304      | 1673         | 2415     | 274         | 1339     |
| S                           | 723      | 468       | 310          | 289      | -449        | 268      |
| NPS                         | 3176     | 2136      | 2375         | 2325     | 1951        | 2393     |
| Otros                       | 840      | -149      | -175         | 499      | 1265        | 456      |

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

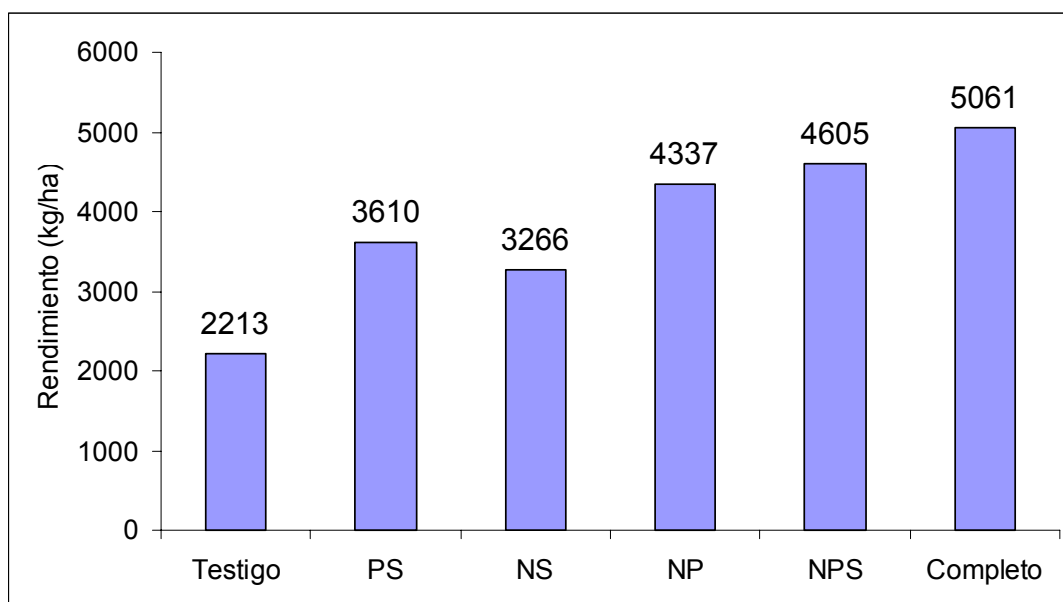


Fig. 1. Rendimientos promedios de trigo para los seis tratamientos en los cinco sitios evaluados. Ensayos Zona CREA Sur de Santa Fe 2003/04.

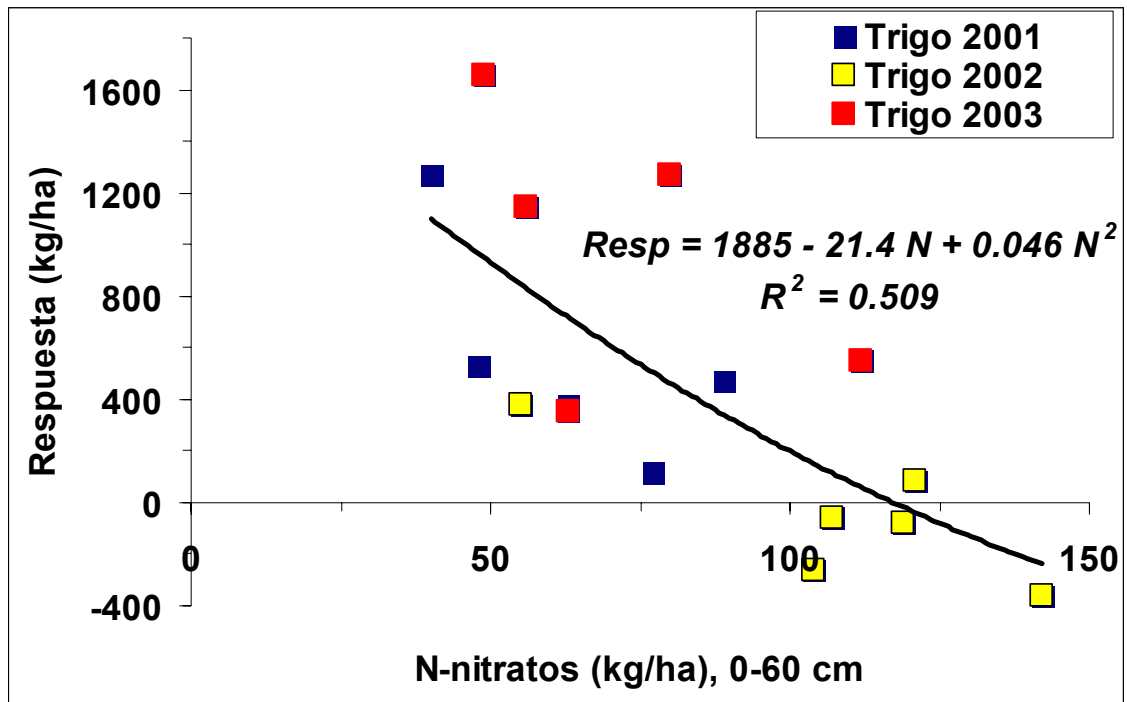


Fig. 2. Respuesta a la fertilización nitrogenada (120 kg/ha de N) en función de la disponibilidad de N-nitratos a 0-60 cm de profundidad a la siembra. Ensayos Zona CREA Sur de Santa Fe, 2001/02, 2002/03 y 2003/04.

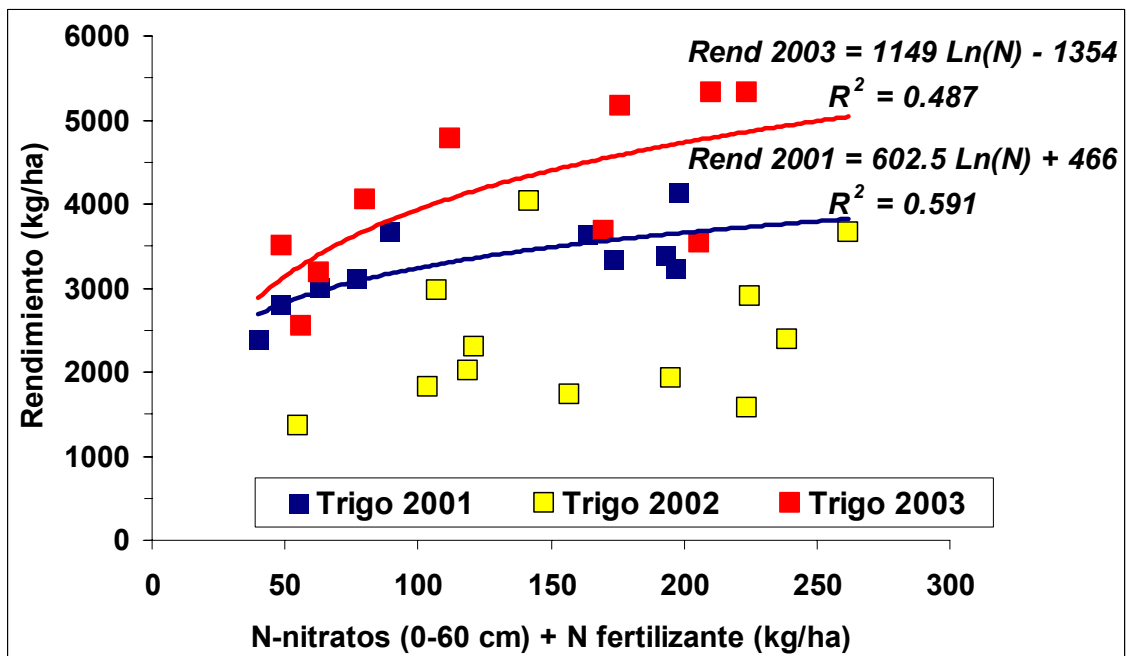


Fig. 3. Rendimiento de trigo en función de la disponibilidad de N-nitratos en pre-siembra (0-60 cm) + N aplicado como fertilizante. Ensayos Región CREA Sur de Santa Fe, 2001/02, 2002/03 y 2003/04.

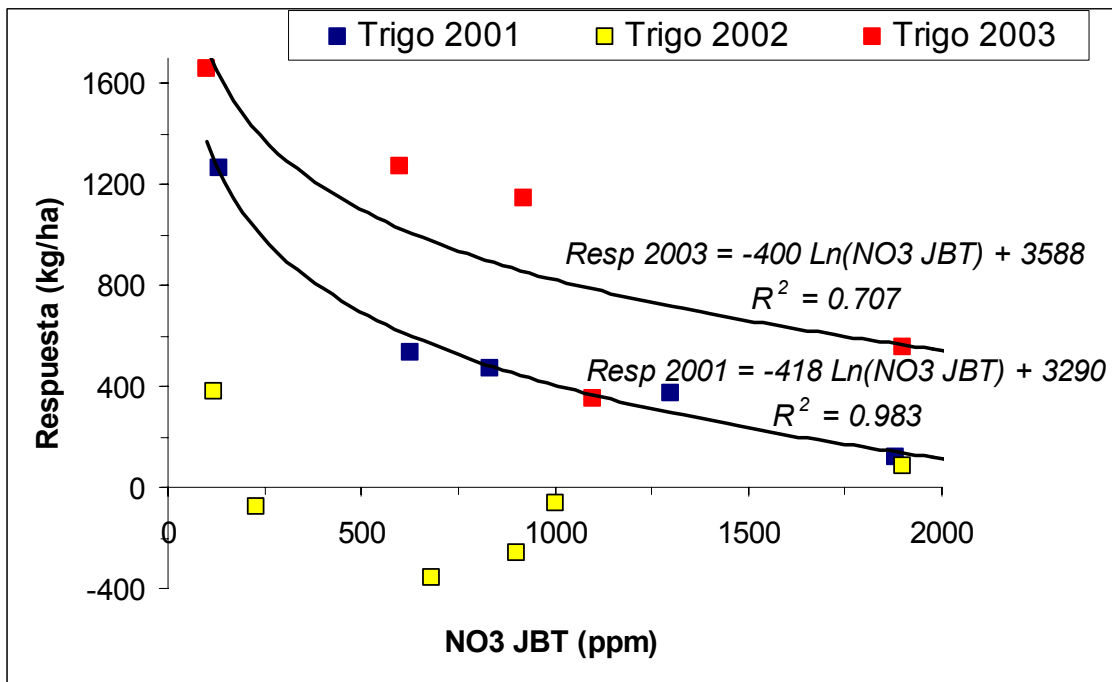


Fig. 4. Respuesta a la fertilización nitrogenada (120 kg/ha de N) en función de la concentración de nitratos ( $\text{NO}_3$ ) en el jugo de base de tallos al macollaje. Ensayos Zona CREA Sur de Santa Fe, 2001/02, 2002/03 y 2003/04.

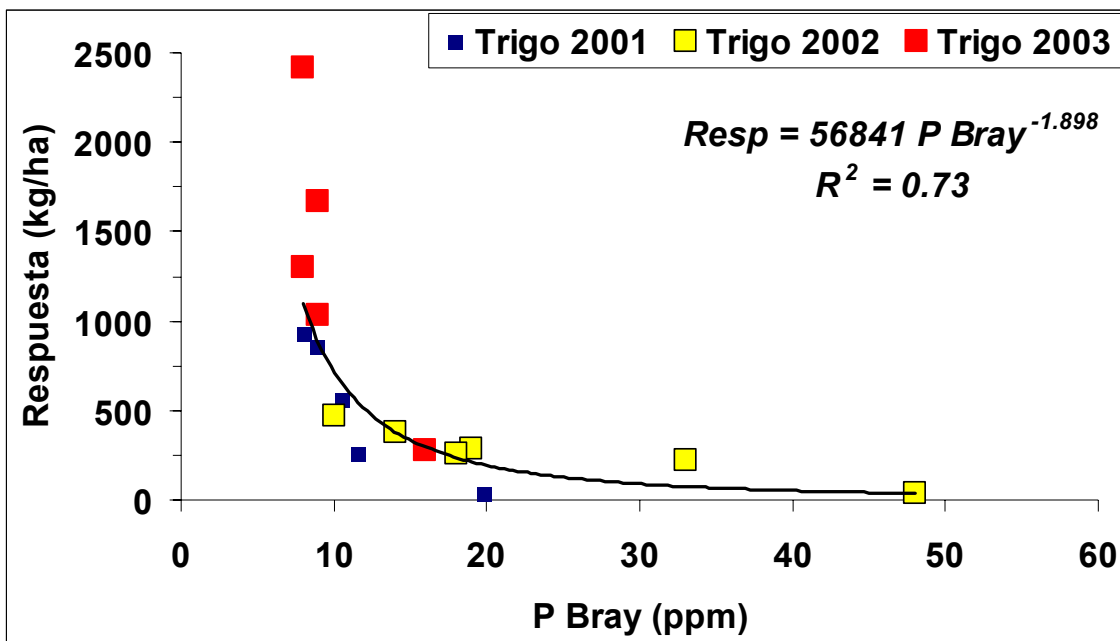


Fig. 5. Respuesta a la fertilización fosfatada en función del nivel de P Bray a 0-20 cm de profundidad a la siembra. Ensayos Región CREA Sur de Santa Fe, 2001/02, 2002/03 y 2003/04.

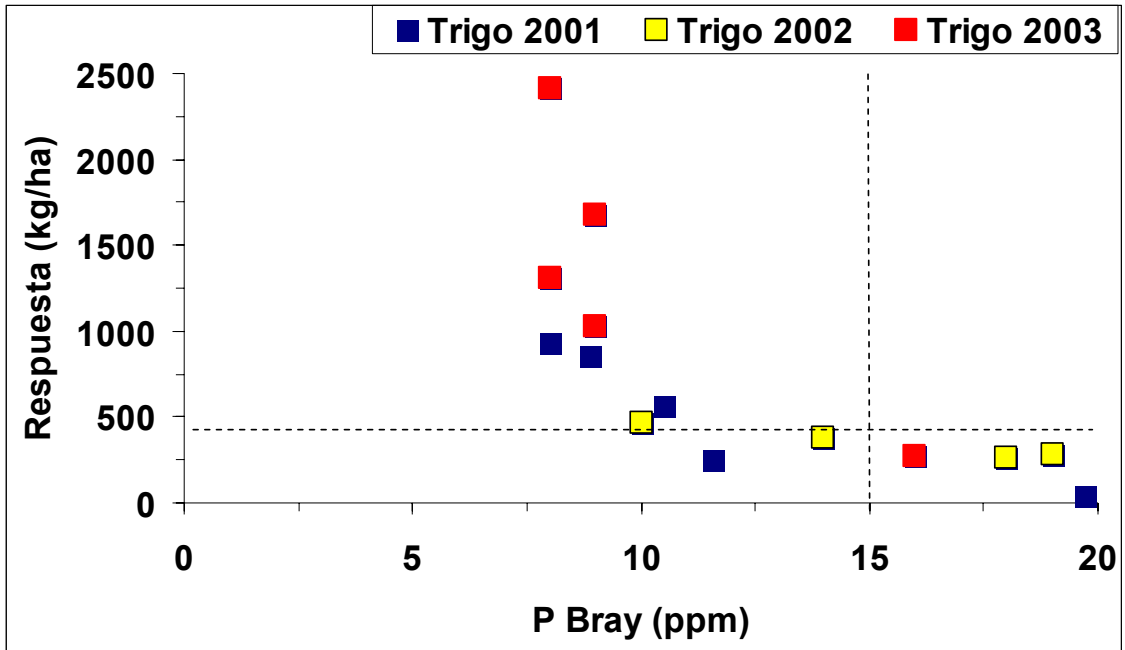


Fig. 6. Respuesta a la fertilización fosfatada en función del nivel de P Bray a 0-20 cm de profundidad a la siembra en los sitios con menos de 20 mg/kg de P Bray. La línea horizontal indica una respuesta de 400 kg/ha y la vertical la concentración de P Bray de 15 mg/kg. Ensayos Región CREA Sur de Santa Fe, 2001/02, 2002/03 y 2003/04.

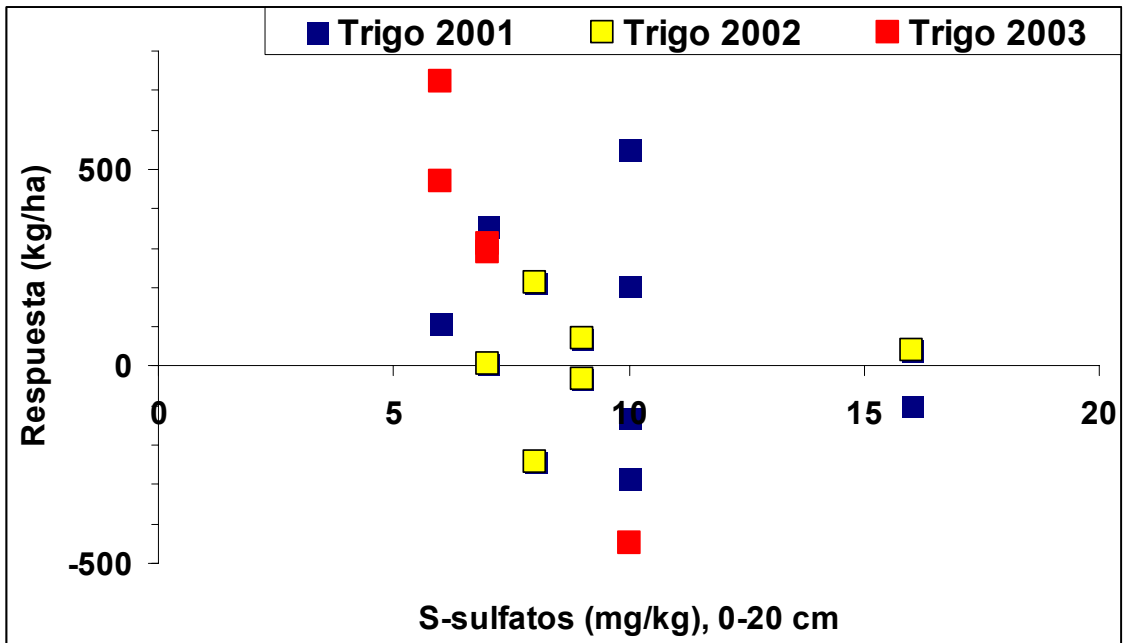


Fig. 7. Respuesta a la fertilización azufrada en función del nivel de S-sulfatos a 0-20 cm de profundidad a la siembra. Ensayos Región CREA Sur de Santa Fe, 2001/02, 2002/03 y 2003/04.

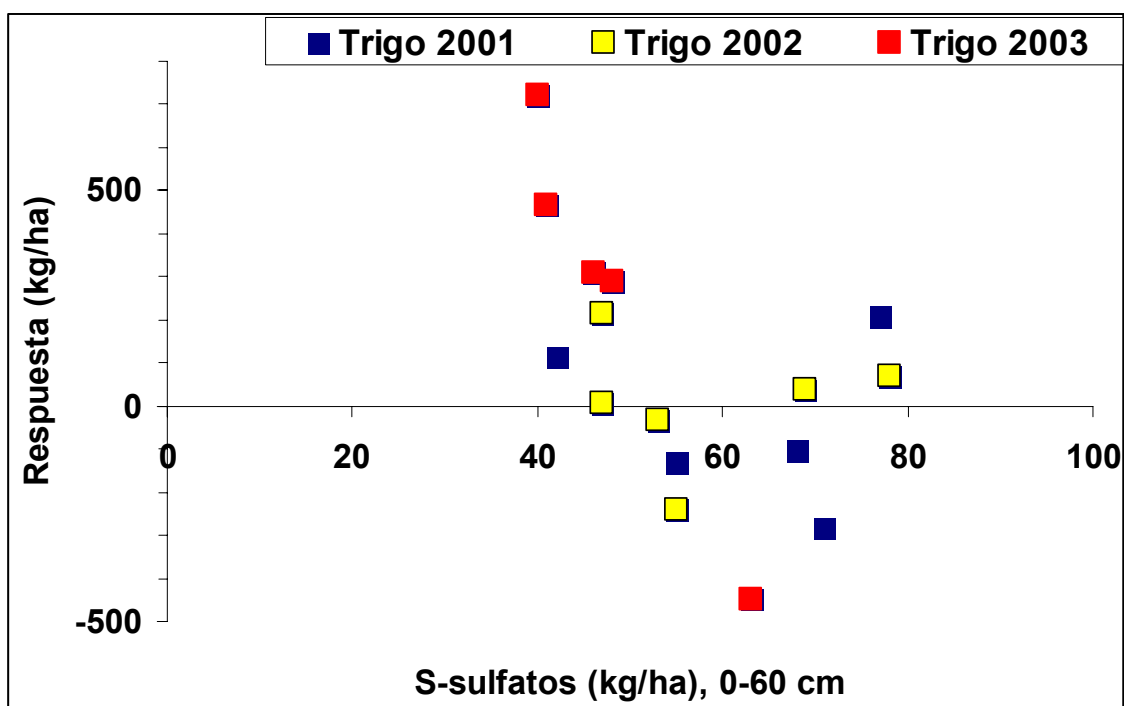


Fig. 8. Respuesta a la fertilización azufrada en función del nivel de S-sulfatos a 0-60 cm de profundidad a la siembra. Ensayos Región CREA Sur de Santa Fe, 2001/02, 2002/03 y 2003/04.

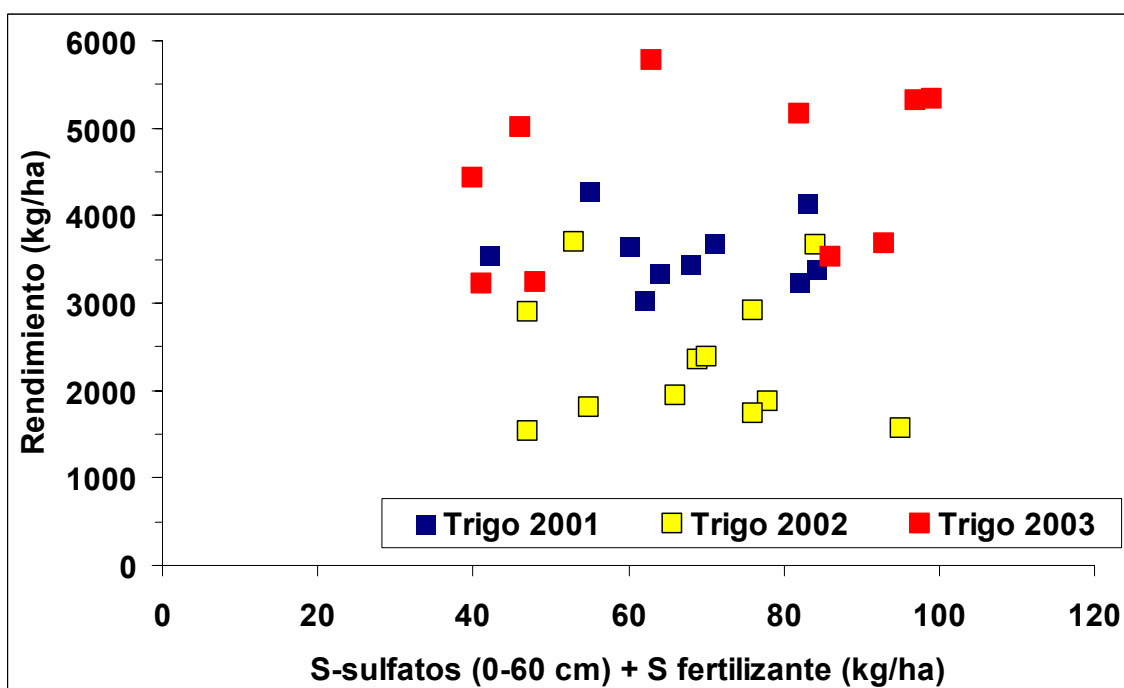


Fig. 9. Rendimiento de trigo en función de la disponibilidad de S-sulfatos en pre-siembra (0-60 cm) + S aplicado como fertilizante. Ensayos Región CREA Sur de Santa Fe, 2001/02, 2002/03 y 2003/04.