

Explorando deficiencias nutricionales en la región pampeana

Resultados de los ensayos de fertilización AAPRESID-INTA-INPOFOS

Maíz 2000/01

Coordinadores de ensayos: Martín Ambrogio, Santiago Lorenzatti y Walter Tanducci (AAPRESID), y Fernando García (INPOFOS Cono Sur).

Participantes: Hernán Bizet y Fabrizio Estrubia (AAPRESID), Hugo Fontanetto (EEA INTA Rafaela), Ricardo Melchiori (EEA INTA Paraná), Hernán Echeverría (EEA INTA-FCA Balcarce).

Productores: P. Spelanzón, M. Ambrogio, G. Pellizón, H. Ghio, J. Romagnoli, I. Fabbro, R. Fogante, J. M. Borletto, Establecimiento El Hervidero, Establecimiento Aldea Protestante y C. Colussi.

Durante la campaña 2000/01, AAPRESID, INTA e INPOFOS continuaron la red de ensayos de fertilización en la región pampeana, un proyecto que cuenta con el auspicio de las empresas Agroservicios Pampeanos, Hydro Agri Argentina, PASA y Monsanto Argentina. Los objetivos principales de estas experiencias son:

- 1) Determinar rendimientos máximos sin limitación de nutrientes
- 2) Evaluar deficiencias y respuestas potenciales de nutrientes (nitrógeno y fósforo, azufre, potasio, magnesio, boro, cobre y zinc) en distintas zonas de la región pampeana en trigo, maíz y soja.

Debe destacarse el carácter exploratorio de este proyecto, en el que se trabaja con dosis de nutrientes elevadas, no limitantes para alcanzar máximos rendimientos potenciales. La evaluación se realiza durante un período de al menos tres años como para obtener conclusiones validas en distintos cultivos y poder evaluar el impacto de los tratamientos, no solo en el rendimiento, sino también en la fertilidad y otras propiedades de los suelos.

En la continuación de esta experiencia, a partir del conocimiento de los nutrientes deficientes en cada área, deberán estudiarse 1) niveles críticos de respuesta, 2) dosis económicas de respuesta y 3) momento, forma y método de aplicación.

Este reporte preliminar presenta los resultados de rendimiento, análisis de suelo y foliar obtenidos en el cultivo de maíz durante la campaña 2000/01. Seis de los ensayos reportados fueron establecidos en la campaña 1999/00 con trigo/soja y cuatro ensayos se establecieron durante esta campaña 2000/02 con maíz. Es importante tener en cuenta que los seis ensayos establecidos en 1999/00 ya habían recibido las fertilizaciones correspondientes a cada tratamiento a la siembra del cultivo de trigo.

Materiales y Métodos

Los ensayos se instalaron en lotes de producción de establecimientos ubicados en las provincias de Buenos Aires, Córdoba, Santa Fe y Entre Ríos, en general, bajo sistemas de siembra directa estabilizados (Tabla 1). El manejo general del cultivo

(control de malezas, fecha de siembra, variedad o híbrido, etc.) fue similar al manejo del lote, utilizándose maquinaria del productor en todos los casos.

Los seis tratamientos establecidos son similares en los diez sitios que se reportan. Esto permite utilizar a cada sitio como bloque para el análisis estadístico conjunto. En los sitios en los cuales se establecieron dos repeticiones para cada tratamiento, se realizó un análisis estadístico a nivel de sitio.

Los tratamientos utilizados con la cantidad de fertilizantes o nutrientes aplicados se indican en la Tabla 2. Los tratamientos incluyen un Testigo absoluto sin aplicación alguna de fertilizantes (Tratamiento 1). Los otros tratamientos cubren los niveles de extracción promedio de cultivos de alta producción de soja, maíz y/o trigo. Las dosis de boro (B), cobre (Cu), molibdeno (Mo) y zinc (Zn) se indican en kg de nutriente ya que se haber utilizado fertilizantes con distintas concentraciones.

En la Tabla 2 también se indican las precipitaciones durante el ciclo del cultivo en los distintos sitios. En general, se registraron abundantes precipitaciones en Octubre-Noviembre y, en algunos sitios, en Enero. En Diciembre y Febrero las condiciones fueron de bajas precipitaciones. Los sitios de Pilar y Tandil recibieron riego suplementario (pivot central).

Resultados

Análisis de suelo

En la Tabla 3 se indican los resultados de los análisis de suelo previos a la siembra del cultivo de maíz.

La disponibilidad inicial de N-nitratos a 0-20 cm fue, en general, baja variando desde aproximadamente 19 kg/ha de N en Tandil a 54 kg/ha en algunos tratamientos de Monte Buey. Debe considerarse que, a los fines del diagnóstico, la determinación de N-nitratos a la siembra debería hacerse hasta los 60 cm. Investigaciones realizadas en el norte de Buenos Aires y Sur de Santa Fe indican que para alcanzar 8000-9000 kg/ha de rendimiento, la disponibilidad inicial de N-nitratos debe ser superior a 150 kg/ha (Emilio Satorre, Facultad de Agronomía-UBA, com. pers.). No se observaron efectos residuales de importancia para N-nitratos en los distintos tratamientos de los seis sitios establecidos en 1999.

Los niveles de P Bray (Ps) variaron entre los tratamientos de fertilización en los sitios establecidos en 1999. En general, el nivel de P aplicado en 1999 (30 kg/ha de P) fue equivalente a la cantidad de P extraída en los granos de trigo y soja, por lo que no deberían esperarse cambios importantes en Ps. En Cafferata, Monte Buey y Bragado, la fertilización fosfatada en 1999 incrementó el Ps. En San Justo y Corral de Bustos, Ps disminuyó respecto del nivel de 1999 y en Los Surgentes se mantuvo. Estas variaciones podrían reflejar efectos de los distintos niveles de rendimiento y, por lo tanto, extracción de P, y de muestreo. En los cuatro sitios establecidos en el 2000, los niveles de Ps variaron de bajos (Paraná) a altos (Tandil).

La disponibilidad inicial de S-sulfatos fue baja a media en todos los sitios. Al igual que para N-nitratos, no se observaron efectos residuales de las aplicaciones de 1999.

Los niveles de calcio (Ca), magnesio (Mg) y potasio (K) se encuentran por arriba de los considerados críticos para la producción de maíz según la literatura internacional. Entre los micronutrientes, la disponibilidad de B fue baja a media en general. La disponibilidad de Zn se considera baja a media para San Justo. Los niveles de Cu se consideran medios en general. La disponibilidad de hierro (Fe) y manganeso (Mn) se ubica por arriba de los niveles críticos mencionados por la literatura. No se observaron efectos residuales de la fertilización de 1999 en los niveles de K, Mg, B, Cu y Zn.

Análisis foliares

Los análisis de hoja de la espiga al estado de aparición de estigmas se indican en la Tabla 4. Comparando las concentraciones observadas con rangos de niveles críticos citados en la bibliografía, en general, las concentraciones de Ca, Cu, Fe, Mn y Zn serían adecuadas.

Las concentraciones de N y P fueron bajas en los tratamientos Testigo y aumentaron por arriba de los niveles críticos en los tratamientos fertilizados con N y P.

La concentración de K estuvo por debajo de los valores críticos en Los Surgentes, San Justo, Cafferata, Noetinger y Monte Buey; mientras que en Pilar y Tandil fueron superiores a los niveles críticos. Las concentraciones de Mg fueron, en general, bajas ubicándose por debajo de los valores críticos.

Las concentraciones de S fueron superiores a las citadas como críticas excepto en los tratamientos Testigo y NP de Los Surgentes y San Justo. Las diferencias en concentración de S entre tratamientos, en general, respondieron a las aplicaciones de S.

Los niveles de B fueron bajos en Pilar, Noetinger, Monte Buey, Los Surgentes y Tandil, y por arriba de los normales en Cafferata y San Justo.

Estas comparaciones con datos de bases bibliográficas tienen solamente un carácter descriptivo, ya que la evaluación de los análisis foliares debe ser realizada de acuerdo a las condiciones ambientales y de manejo locales. La generación de una base de datos a nivel local permitirá establecer los niveles críticos de nutrientes en hoja.

Las diferencias en concentraciones foliares de N, P y S se reflejaron en respuestas en rendimiento, lo que no ocurrió con las diferencias observadas en concentraciones foliares de K, Mg y B.

Rendimientos

Los rendimientos de los tratamientos testigo variaron entre 1232 kg/ha (San Justo) y 9547 kg/ha (Tandil), y los máximos rendimientos de los tratamientos fertilizados entre 5890 kg/ha (Bragado) y 12157 kg/ha (Los Surgentes) (Tablas 5 y 6). Los menores rendimientos se registraron en San Justo (Santa Fe), sobre un

suelo muy degradado, y en Bragado (Buenos Aires), donde se registró un intenso estrés hídrico en diciembre y severos daños por granizo el 9/1/01.

El análisis estadístico conjunto considerando los seis sitios donde se establecieron los seis tratamientos en 1999, indica diferencias significativas entre el Testigo y los tratamientos fertilizados (Figura 1). La respuesta promedio a NP fue de 3462 kg/ha. Esta respuesta se atribuye a los bajos niveles iniciales de N-nitratos, y al bajo nivel de P asimilable en el caso de Bragado, Cafferata, Monte Buey, Paraná y San Justo. Si bien no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos fertilizados, el tratamiento NPS superó en 1651 kg/ha al tratamiento NP. La baja a media disponibilidad de S-sulfatos en todos los ensayos explicaría esta respuesta a S. En el análisis de los promedios, no se observaron respuestas a los otros nutrientes evaluados. De los resultados de cada sitio establecido en 1999 se puede destacar (Tabla 5):

- ✓ En Bragado, los bajos rendimientos obtenidos se deben a la ocurrencia de estrés hídrico en el período de floración (Diciembre), la caída de granizo a principios de enero y la inundación parcial del lote en etapas finales de desarrollo del cultivo. La aplicación de NP resultó en respuestas significativas (2114 kg/ha), mientras que la aplicación de S mostró una tendencia de respuesta del orden de 682 kg/ha.
- ✓ En Cafferata, la respuesta a NPS fue elevada (4643 kg/ha) y se observaron respuestas de 1000 y 1300 kg/ha a las aplicaciones de K y KMgMicros.
- ✓ En Corral de Bustos, las respuestas a NP y NPS fueron significativas (4689 y 5815 kg/ha, respectivamente).
- ✓ En Los Surgentes, las respuestas a NP y NPS también fueron elevadas, 5850 y 7405 kg/ha. También se observó un incremento de rendimiento de 400-800 kg/ha con la aplicación de K y Mg.
- ✓ En Monte Buey, la respuesta a NP fue significativa (4758 kg/ha). La aplicación de SKMgMicros incrementó el rendimiento en aproximadamente 500 kg/ha, aunque esta diferencia no fue significativa.
- ✓ En San Justo, en un suelo muy degradado, los rendimientos fueron muy bajos y se observaron respuestas significativas a NP (2277 kg/ha) y a S (2600 kg/ha).

El análisis conjunto de los cuatro sitios establecidos en el 2000, mostró diferencias estadísticamente significativas entre el Testigo y el tratamiento NP de 3237 kg/ha (Fig. 2). Estas respuestas a NP se relacionan con los bajos niveles de disponibilidad inicial de N-nitratos, y con el bajo Ps en Paraná. La respuesta a S (NPS vs. NP) promedió 338 kg/ha, pero no fue estadísticamente significativa. El análisis individual de cada uno de estos ensayos indica que (Tabla 6):

- ✓ En Noetinger, el incremento del rendimiento con la aplicación de NP fue significativo (3539 kg/ha). La aplicación de S incrementó los rendimientos en 700-900 kg/ha (diferencia no significativa).
- ✓ En Paraná se observaron respuestas significativas a NP y NPS (2509 y 4352 kg/ha, respectivamente).
- ✓ En Pilar, La respuesta a NP fue muy elevada (5090 kg/ha), no observándose incrementos con los otros nutrientes.

- ✓ En Tandil, la respuesta a NP fue significativa, 1731 kg/ha. Se observaron tendencias de respuesta (no significativas) de 566 kg/ha a K y de 924 kg/ha a KMg.

En resumen, la respuesta a NP fue elevada en todos los sitios, hubo respuestas importantes a S en cinco sitios (Cafferata, San Justo, Corral de Bustos, Los Surgentes y Paraná) y se observaron tendencias de respuestas a K y Mg en Cafferata y Los Surgentes.

Los reducidos rangos de disponibilidad de N-nitratos y S-sulfatos no permitieron obtener ajustes de niveles críticos de estos nutrientes en suelos. Las concentraciones de N y P en hoja de la espiga al estado de aparición de estigmas en siete sitios se relacionaron significativamente con los rendimientos (Fig. 3). Los rendimientos fueron superiores a 9000 kg/ha con concentraciones de N y P en hoja de 2.7-3.0% y de 0.27-0.30%, respectivamente. Estos valores se ubican dentro de los rangos críticos mencionados en la bibliografía (Tabla 4). En el caso de la concentración de S en hoja, la relación no fue significativa y la dispersión de los datos no permite definir un nivel o rango crítico (Fig. 3).

Conclusiones

1. Se encontraron respuestas en rendimiento a NP en todos los sitios experimentales. Estas respuestas se relacionaron con la baja disponibilidad inicial de N y/o de P en suelos y con las concentraciones foliares de N y P.
2. La aplicación de S incrementó los rendimientos en cinco de los diez sitios. En general, los niveles de S-sulfatos a la siembra fueron bajos a medios.
3. Las aplicaciones de K, Mg y/o Micronutrientes no afectaron significativamente los rendimientos de maíz.
4. Los rendimientos se relacionaron significativamente con las concentraciones de N y P en hoja de la espiga al estado de aparición de estigmas.

Agradecimientos

- A todos los productores y personal de los establecimientos que implantaron los ensayos y participan en este proyecto.
- A las empresas que con su apoyo hacen posible este trabajo.

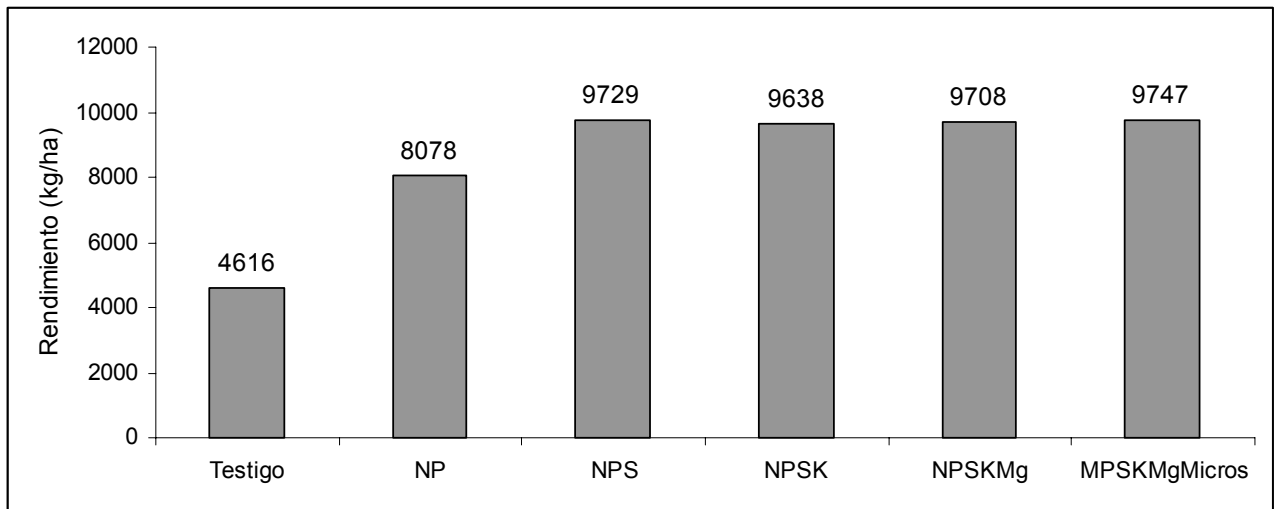


Fig. 1. Rendimientos promedio de los seis tratamientos en los seis sitios establecidos en 1999 (Bragado, Cafferata, Corral de Bustos, Los Sargentos, Monte Buey y San Justo).

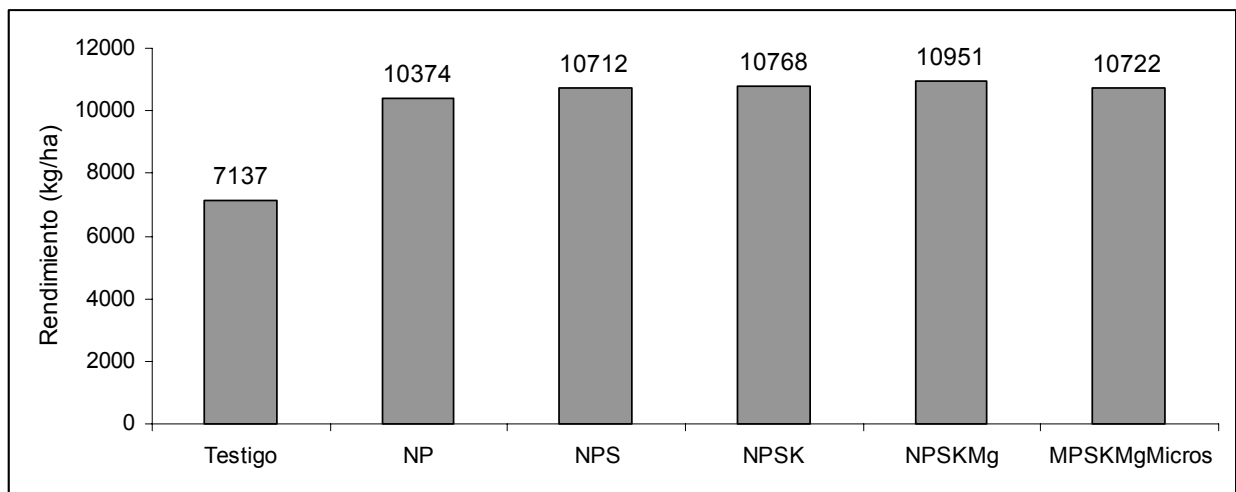


Fig. 2. Rendimientos promedio de los seis tratamientos en los cuatro sitios establecidos en 2000 (Noetinger, Paraná, Pilar, Tandil).

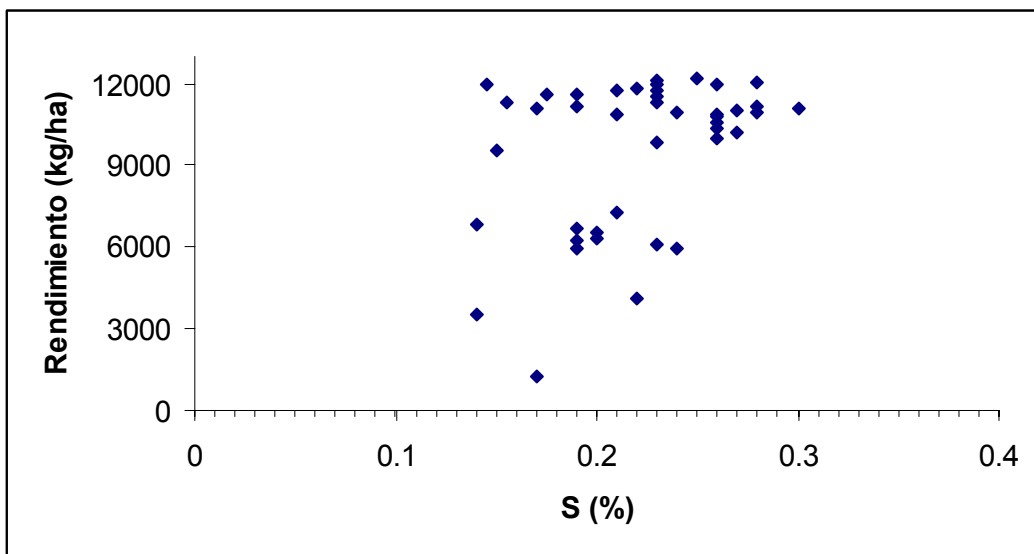
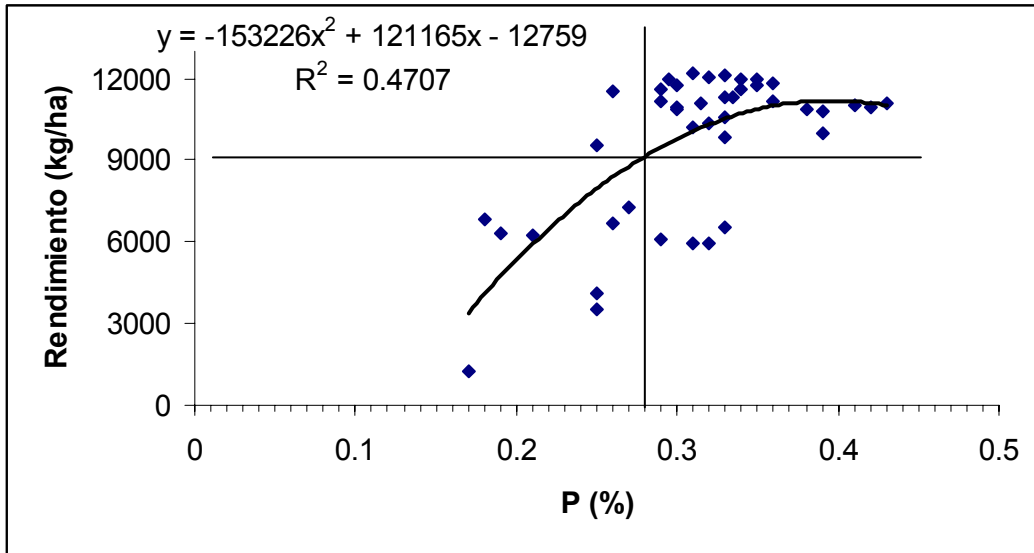
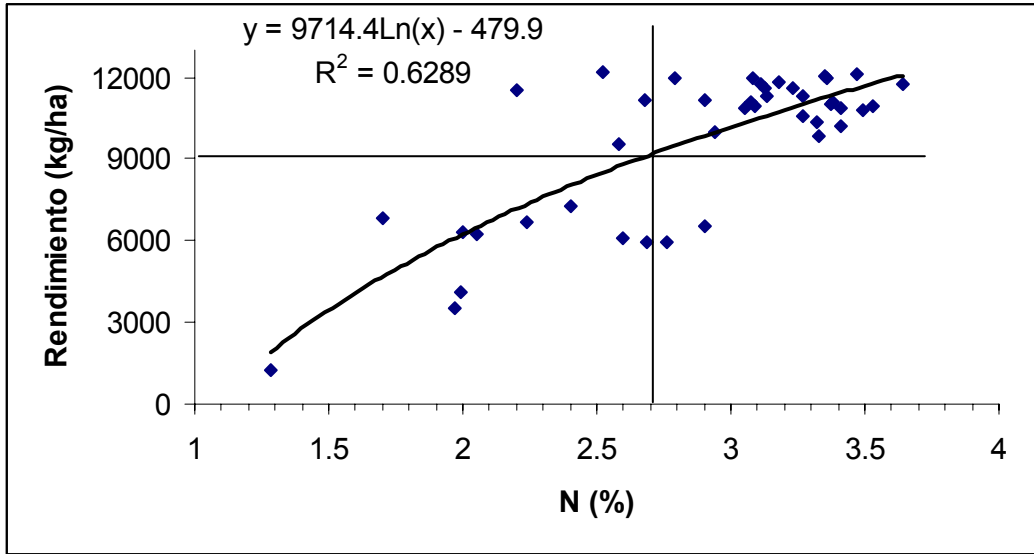


Fig. 3. Relación entre los rendimientos de maíz y las concentraciones de N, P y S en hoja de la espiga al estado de aparición de estigmas (Siete sitios).

Tabla 1. Información de manejo y de sitio.

| Localidad | Bragado | Cafferata | Corral de Bustos | Los Surgentes | Monte Buey | San Justo | Noetinger | Paraná | Pilar | Tandil |
|-----------------------------------|-----------------|------------|------------------|---------------|------------|------------|-----------|-------------------|------------|----------------|
| Provincia | Buenos Aires | Santa Fe | Córdoba | Córdoba | Córdoba | Santa Fe | Córdoba | Entre Ríos | Córdoba | Buenos Aires |
| Productor | Spelanzón | Ambrogio | Ghio | Pellizón | Romagnoli | Fabbro | Fogante | Aldea Protestante | Borletto | El Hervidero |
| Años Siembra Directa | 9 | 5 | 9 | 2 | 12 | + 5 | | + 5 | + 5 | 3 |
| Antecesor | Trigo/Soja | Trigo/Soja | Trigo/Soja | Trigo/Soja | Trigo/Soja | Trigo/Soja | | Soja | Trigo/Soja | Trigo |
| Fecha de siembra | 18/9 | 25/8 | 21/9 | 21/9 | 20/9 | 11/9 | 16/10 | 1/10 | 5/9 | 8/11 |
| Híbrido | Monsanto DK 705 | | | | | | | | | Monsanto DK615 |
| Fecha de cosecha | 30/3 | 15/4 | 26/3 | 13/4 | 30/3 | 21/2 | 20/4 | 25/2 | 25/3 | 11/5 |
| Agua a la siembra (0-100 cm) (mm) | 326 | 248 | 263 | 271 | 238 | 268 | 268 | 87% Agua útil | 215 | SD |
| Precipitaciones (mm) | | | | | | | | | | |
| Septiembre | SD | 10 | 6 | 5 | 4 | 83 | SD | SD | 20 | 108 |
| Octubre | SD | 147 | 92 | 105 | 128 | 100 | 146 | 142 | 56 | 187 |
| Noviembre | SD | 311 | 227 | 199 | 196 | 50 | 161 | 172 | 149 | 32 |
| Diciembre | SD | 30 | 36 | 82 | 78 | 89 | 90 | 131 | 101 | 60 |
| Enero | SD | 70 | 84 | 87 | 85 | 163 | 306 | 108 | 58 | 150 |
| Febrero | SD | 38 | 30 | 44 | 11 | 8 | 19 | 111 | 22 | 44 |
| Marzo | SD | 340 | 348 | 229 | 225 | 121 | 224 | SD | SD | 244 |

* SD Sin datos.

Tabla 2. Tratamientos establecidos en los nueve sitios experimentales.

| Tratamiento | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|-------------------|-----------------------|-----|-----|--------|--------|--------------|
| Nombre | Testigo | NP | NPS | NPSKCl | NPSKMg | NPSKMgMicros |
| | Fertilizantes (kg/ha) | | | | | |
| FDA | | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 |
| Urea | | 267 | 226 | 226 | 267 | 267 |
| Sulfato de amonio | | | 92 | 92 | 0 | 0 |
| SulPoMag | | | | 0 | 100 | 200 |
| KCl | | | | 100 | 64 | 0 |
| <i>B</i> | | | | | | 2# |
| <i>Zn</i> | | | | | | 4 |
| <i>Cu</i> | | | | | | 2 |
| <i>Mo</i> | | | | | | 0.02 |
| | Nutrientes (kg/ha) | | | | | |
| N | | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 |
| P | | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 |
| K | | | | 50 | 50 | 36 |
| Mg | | | | | 11 | 22 |
| S | | | 22 | 22 | 22 | 44 |
| <i>B</i> | | | | | | 2 |
| <i>Zn</i> | | | | | | 4 |
| <i>Cu</i> | | | | | | 2 |
| <i>Mo</i> | | | | | | 0.02 |
| Cl | | | | 46 | 29 | |

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 maíz.

| Sitio | Tratamiento | MO | P | N-N03 | S-S04 | pH | Ca | Mg | K | Na | B | Cu | Fe | Mn | Zn |
|------------------|--------------|-----|------|-------|-------|-----|-----------------------|-----|-----|-----|------|-----------------|-----|-----|-----|
| | | % | ppm | ppm | ppm | | ----- meq/100 g ----- | | | | | ----- ppm ----- | | | |
| Bragado | Testigo | 3.5 | 8.5 | 17.2 | 7.3 | 5.8 | 7.9 | 1.7 | 1.6 | 0.6 | 0.97 | 1.2 | 106 | 50 | 2.4 |
| | NP | 2.9 | 13.1 | 14.6 | 6.0 | 5.7 | 7.4 | 1.6 | 1.7 | 0.6 | | | | | |
| | NPS | 3.2 | 12.9 | 17.2 | 6.8 | 5.7 | 7.3 | 1.6 | 1.7 | 0.6 | | | | | |
| | NPSK | 3.3 | 11.0 | 14.1 | 8.5 | 5.8 | 7.2 | 1.6 | 1.6 | 0.6 | | | | | |
| | NPSKMg | 3.4 | 10.8 | 15.0 | 9.3 | 5.7 | 7.3 | 1.6 | 1.7 | 0.6 | 0.87 | 1.1 | 114 | 45 | 2.3 |
| | NPSKMgMicros | 3.3 | 9.3 | 16.6 | 14.3 | 5.7 | 7.5 | 1.7 | 1.7 | 0.5 | 1.14 | 1.2 | 100 | 53 | 2.5 |
| Cafferata | Testigo | 3.2 | 10.2 | 18.3 | 7.0 | 6.1 | 9.0 | 2.3 | 1.4 | 0.2 | 0.63 | 1.4 | 66 | 104 | 1.3 |
| | NP | 3.5 | 29.7 | 18.9 | 7.8 | 5.8 | 9.1 | 2.2 | 1.3 | 0.2 | | | | | |
| | NPS | 3.7 | 27.5 | 17.0 | 7.0 | 5.8 | 9.1 | 2.2 | 1.3 | 0.2 | | | | | |
| | NPSK | 3.7 | 27.3 | 18.8 | 9.8 | 5.9 | 9.3 | 2.2 | 1.5 | 0.2 | | | | | |
| | NPSKMg | 3.9 | 32.3 | 20.7 | 9.3 | 5.9 | 9.5 | 2.3 | 1.5 | 0.3 | 0.69 | 1.4 | 72 | 95 | 1.9 |
| | NPSKMgMicros | 3.7 | 20.7 | 18.1 | 8.5 | 6.0 | 9.7 | 2.5 | 1.5 | 0.3 | 0.98 | 2.2 | 75 | 100 | 1.8 |
| Corral de Bustos | Testigo | 3.4 | 19.2 | 21.4 | 11.8 | 6.1 | 10.6 | 2.6 | 2.0 | 0.6 | 0.94 | 1.3 | 62 | 93 | 1.0 |
| | NP | 3.4 | 14.5 | 21.3 | 10.0 | 6.1 | 10.5 | 2.5 | 2.0 | 0.7 | | | | | |
| | NPS | 3.6 | 13.0 | 21.9 | 5.5 | 6.0 | 10.2 | 4.8 | 1.9 | 0.5 | | | | | |
| | NPSK | 3.5 | 11.8 | 23.2 | 8.0 | 6.1 | 10.3 | 2.5 | 2.0 | 0.5 | | | | | |
| | NPSKMg | 3.7 | 14.6 | 21.7 | 5.0 | 6.0 | 9.5 | 2.2 | 1.9 | 0.6 | 1.03 | 1.2 | 65 | 92 | 1.1 |
| | NPSKMgMicros | 3.5 | 12.7 | 20.8 | 7.3 | 6.0 | 9.9 | 2.4 | 1.9 | 0.6 | 1.57 | 1.3 | 63 | 93 | 3.7 |
| Los Surgentes | Testigo | 3.0 | 22.8 | 14.2 | 8.8 | 6.1 | 9.9 | 2.5 | 1.9 | 0.3 | 0.88 | 1.5 | 60 | 102 | 1.3 |
| | NP | 2.8 | | 16.7 | 12.0 | 5.9 | 9.1 | 2.3 | 1.9 | 0.3 | | | | | |
| | NPS | 3.0 | 27.5 | 16.7 | 10.3 | 6.0 | 9.7 | 2.4 | 1.9 | 0.3 | | | | | |
| | NPSK | 3.1 | 26.6 | 15.9 | 12.0 | 6.0 | 9.5 | 2.4 | 1.9 | 0.3 | | | | | |
| | NPSKMg | 3.0 | 22.1 | 17.2 | 11.5 | 6.1 | 9.7 | 2.5 | 1.7 | 0.4 | 0.72 | 1.5 | 67 | 110 | 1.0 |
| | NPSKMgMicros | 2.9 | 28.6 | 14.8 | 17.5 | 6.0 | 10.1 | 2.7 | 1.8 | 0.3 | 0.94 | 1.4 | 65 | 100 | 0.9 |

Tabla 3. Análisis de suelo previos a la siembra del maíz (continuación).

| Sitio | Tratamiento | MO | P | N-N03 | S-S04 | pH | Ca | Mg | K | Na | B | Cu | Fe | Mn | Zn |
|--|--------------|-----|-------|-------|-------|-----|-----------------------|-----|-----|-----------------|------|-----|----|-----|-----|
| | | % | ppm | ppm | ppm | | ----- meq/100 g ----- | | | ----- ppm ----- | | | | | |
| Monte Buey | Testigo | 3.4 | 12.5 | 20.8 | 7.0 | 6.1 | 9.8 | 2.5 | 2.4 | 0.3 | 0.94 | 1.3 | 61 | 88 | 1.1 |
| | NP | 3.3 | 20.4 | 24.4 | 9.5 | 6.0 | 9.9 | 2.6 | 2.5 | 0.3 | | | | | |
| | NPS | 3.2 | 21.3 | 22.1 | 8.0 | 6.0 | 9.7 | 2.5 | 2.8 | 0.4 | | | | | |
| | NPSK | 3.3 | 17.0 | 18.4 | 9.5 | 5.9 | 9.2 | 2.4 | 2.4 | 0.3 | | | | | |
| | NPSKMg | 3.3 | 24.3 | 24.3 | 8.0 | 6.0 | 9.7 | 2.5 | 2.8 | 0.4 | 0.88 | 1.4 | 63 | 84 | 1.2 |
| | NPSKMgMicros | 3.5 | 20.6 | 21.7 | 10.8 | 5.8 | 9.5 | 2.5 | 2.5 | 0.3 | 1.14 | 1.6 | 61 | 69 | 4.0 |
| San Justo | Testigo | 2.4 | 6.3 | 17.3 | 8.0 | 5.9 | 7.6 | 1.6 | 0.7 | 0.3 | 0.80 | 1.2 | 67 | 155 | 0.9 |
| | NP | 2.4 | 8.8 | 14.6 | 6.0 | 5.7 | 6.6 | 1.4 | 0.7 | 0.1 | | | | | |
| | NPS | 2.2 | 5.7 | 14.4 | 5.5 | 5.7 | 6.5 | 1.4 | 0.7 | 0.2 | | | | | |
| | NPSK | 2.6 | 6.9 | 19.2 | 5.3 | 5.8 | 6.7 | 1.4 | 0.7 | 0.2 | 0.63 | 1.2 | 78 | 140 | 0.8 |
| | NPSKMg | 2.4 | 11.2 | 17.8 | 9.5 | 5.6 | 6.4 | 1.4 | 0.7 | 0.2 | 0.67 | 1.3 | 78 | 130 | 0.8 |
| Noetinger | | 3.0 | 20.1 | 13.6 | 6.5 | 6.1 | 9.7 | 2.7 | 2.0 | 0.4 | 0.91 | 1.7 | 56 | 87 | 1.0 |
| Paraná | | 4.0 | 11.2 | 12.6 | | 6.6 | | | | | | | | | |
| Pilar | | 2.3 | 26.3 | 16.0 | 7.0 | 6.7 | 10.7 | 2.5 | 2.7 | 0.5 | 1.16 | 1.5 | 36 | 78 | 0.7 |
| Tandil | | 5.7 | 33.4 | 8.2 | 6.9 | 5.9 | 13.5 | 1.9 | 1.9 | 0.3 | 1.03 | 1.4 | 85 | 28 | 2.9 |
| <i>Niveles críticos orientativos #</i> | | | 15-20 | | 10-12 | 5.5 | | 0.5 | 0.5 | | 1 | 1 | 10 | 10 | 1 |

Par el cultivo de maíz, tomados de información nacional y/o internacional.

Tabla 4. Concentración de nutrientes en hoja de la espiga al estado de aparición de estigmas para los distintos sitios y tratamientos.

| Sitio | Tratamiento | Concentración de Nutrientes | | | | | | | | | | |
|---------------|--------------|-----------------------------|------|-----|------|------|-----------------|----|----|-----|-----|----|
| | | N | P | K | Ca | Mg | S | B | Cu | Fe | Mn | Zn |
| | | ----- % ----- | | | | | ----- ppm ----- | | | | | |
| Cafferata | Testigo | 2.1 | 0.21 | 1.7 | 0.61 | 0.15 | 0.19 | 15 | 9 | 168 | 43 | 37 |
| | NP | 2.4 | 0.27 | 1.5 | 0.64 | 0.18 | 0.21 | 19 | 12 | 186 | 51 | 44 |
| | NPS | 3.1 | 0.30 | 1.4 | 0.65 | 0.22 | 0.21 | 20 | 14 | 225 | 65 | 23 |
| | NPSK | 3.1 | 0.30 | 1.4 | 0.61 | 0.21 | 0.23 | 15 | 16 | 216 | 68 | 23 |
| | NPSKMg | 3.1 | 0.30 | 1.6 | 0.68 | 0.23 | 0.24 | 15 | 16 | 234 | 80 | 23 |
| | NPSKMgMicros | 3.4 | 0.32 | 1.4 | 0.71 | 0.25 | 0.28 | 16 | 17 | 216 | 141 | 23 |
| Los Surgentes | Testigo | 1.7 | 0.18 | 1.4 | 0.62 | 0.16 | 0.14 | 10 | 7 | 123 | 41 | 22 |
| | NP | 3.2 | 0.34 | 1.3 | 0.75 | 0.23 | 0.19 | 13 | 16 | 165 | 116 | 44 |
| | NPS | 3.4 | 0.35 | 1.1 | 0.70 | 0.22 | 0.26 | 13 | 16 | 171 | 120 | 28 |
| | NPSK | 3.3 | 0.33 | 1.1 | 0.68 | 0.20 | 0.23 | 12 | 15 | 153 | 113 | 29 |
| | NPSKMg | 3.6 | 0.35 | 1.1 | 0.67 | 0.22 | 0.21 | 14 | 16 | 162 | 110 | 29 |
| | NPSKMgMicros | 3.5 | 0.33 | 1.5 | 0.62 | 0.21 | 0.23 | 11 | 14 | 174 | 90 | 32 |
| Monte Buey | Testigo | 2.0 | 0.19 | 1.3 | 0.61 | 0.17 | 0.20 | 11 | 8 | 135 | 47 | 21 |
| | NP | 3.3 | 0.33 | 1.5 | 0.62 | 0.23 | 0.23 | 13 | 14 | 192 | 112 | 24 |
| | NPS | 3.3 | 0.33 | 1.3 | 0.64 | 0.24 | 0.26 | 11 | 15 | 216 | 117 | 28 |
| | NPSK | 3.3 | 0.32 | 1.3 | 0.70 | 0.23 | 0.26 | 10 | 15 | 195 | 102 | 30 |
| | NPSKMg | 3.5 | 0.39 | 1.3 | 0.75 | 0.23 | 0.26 | 9 | 15 | 183 | 98 | 23 |
| | NPSKMgMicros | 3.4 | 0.31 | 1.2 | 0.65 | 0.23 | 0.27 | 12 | 16 | 216 | 108 | 28 |
| San Justo | Testigo | 1.3 | 0.17 | 1.3 | 0.39 | 0.17 | 0.17 | 6 | 6 | 138 | 25 | 19 |
| | NP | 2.0 | 0.25 | 1.3 | 0.59 | 0.17 | 0.14 | 18 | 9 | 132 | 150 | 24 |
| | NPS | 2.6 | 0.29 | 1.4 | 0.65 | 0.22 | 0.23 | 17 | 14 | 171 | 87 | 22 |
| | NPSK | 2.8 | 0.31 | 1.6 | 0.69 | 0.24 | 0.24 | 15 | 14 | 150 | 105 | 20 |
| | NPSKMg | 2.9 | 0.33 | 1.4 | 0.66 | 0.23 | 0.20 | 13 | 14 | 171 | 89 | 21 |
| | NPSKMgMicros | 2.7 | 0.32 | 1.5 | 0.64 | 0.24 | 0.19 | 21 | 13 | 153 | 94 | 23 |
| Noetinger | Testigo | 2.2 | 0.26 | 1.5 | 0.48 | 0.19 | 0.19 | 14 | 11 | 144 | 43 | 34 |
| | NP | 3.2 | 0.36 | 1.5 | 0.56 | 0.21 | 0.22 | 16 | 16 | 153 | 55 | 48 |
| | NPS | 3.4 | 0.38 | 1.4 | 0.59 | 0.22 | 0.26 | 13 | 18 | 168 | 59 | 40 |
| | NPSK | 3.4 | 0.41 | 1.7 | 0.59 | 0.19 | 0.27 | 12 | 16 | 168 | 56 | 34 |
| | NPSKMg | 3.5 | 0.42 | 1.7 | 0.62 | 0.23 | 0.28 | 12 | 17 | 195 | 68 | 42 |
| | NPSKMgMicros | 3.4 | 0.43 | 1.8 | 0.63 | 0.22 | 0.30 | 13 | 16 | 201 | 55 | 40 |

Tabla 4. Concentración de nutrientes en hoja de la espiga al estado de aparición de estigmas para los distintos sitios y tratamientos (continuación).

| Sitio | Tratamiento | Concentración de Nutrientes | | | | | | | | | | | |
|-------------------|---------------------|-----------------------------|-------------|------------|-------------|-------------|-----------------|-----------|-----------|------------|-----------|-----------|--|
| | | N | P | K | Ca | Mg | S | B | Cu | Fe | Mn | Zn | |
| | | ----- % ----- | | | | | ----- ppm ----- | | | | | | |
| Pilar | Testigo | 2.0 | 0.25 | 1.8 | 0.70 | 0.17 | 0.22 | 11 | 10 | 168 | 39 | 41 | |
| | NP | 2.9 | 0.39 | 2.3 | 0.58 | 0.19 | 0.26 | 9 | 15 | 171 | 49 | 45 | |
| | NPS | 2.2 | 0.26 | 2.0 | 0.53 | 0.27 | 0.23 | 11 | 14 | 186 | 69 | 30 | |
| | NPSK | 2.5 | 0.31 | 2.1 | 0.56 | 0.25 | 0.25 | 15 | 15 | 237 | 68 | 33 | |
| | NPSKMg | 2.8 | 0.34 | 2.4 | 0.53 | 0.21 | 0.23 | 16 | 14 | 204 | 58 | 35 | |
| | NPSKMgMicros | 2.7 | 0.36 | 2.2 | 0.60 | 0.22 | 0.28 | 14 | 16 | 189 | 60 | 27 | |
| Tandil | Testigo | 2.6 | 0.25 | 2.4 | 0.45 | 0.13 | 0.15 | 10 | 9 | 92 | 41 | 27 | |
| | NP | 3.1 | 0.34 | 2.3 | 0.44 | 0.12 | 0.16 | 11 | 9 | 180 | 44 | 26 | |
| | NPS | 3.1 | 0.32 | 2.3 | 0.43 | 0.13 | 0.17 | 10 | 10 | 192 | 48 | 39 | |
| | NPSK | 3.1 | 0.29 | 2.5 | 0.39 | 0.13 | 0.18 | 9 | 11 | 192 | 48 | 29 | |
| | NPSKMg | 3.1 | 0.30 | 2.5 | 0.42 | 0.14 | 0.15 | 11 | 10 | 159 | 50 | 30 | |
| | NPSKMgMicros | 2.9 | 0.29 | 2.5 | 0.42 | 0.13 | 0.19 | 13 | 10 | 192 | 44 | 29 | |
| <i>Promedios</i> | <i>Testigo</i> | <i>1.9</i> | <i>0.21</i> | <i>1.6</i> | <i>0.55</i> | <i>0.16</i> | <i>0.18</i> | <i>12</i> | <i>8</i> | <i>158</i> | <i>40</i> | <i>28</i> | |
| | <i>NP</i> | <i>3.0</i> | <i>0.33</i> | <i>1.7</i> | <i>0.59</i> | <i>0.19</i> | <i>0.20</i> | <i>13</i> | <i>13</i> | <i>166</i> | <i>88</i> | <i>35</i> | |
| | <i>NPS</i> | <i>3.0</i> | <i>0.32</i> | <i>1.6</i> | <i>0.60</i> | <i>0.22</i> | <i>0.23</i> | <i>13</i> | <i>14</i> | <i>190</i> | <i>81</i> | <i>30</i> | |
| | <i>NPSK</i> | <i>3.1</i> | <i>0.32</i> | <i>1.7</i> | <i>0.60</i> | <i>0.21</i> | <i>0.24</i> | <i>12</i> | <i>14</i> | <i>187</i> | <i>80</i> | <i>28</i> | |
| | <i>NPSKMg</i> | <i>3.2</i> | <i>0.35</i> | <i>1.7</i> | <i>0.62</i> | <i>0.21</i> | <i>0.22</i> | <i>13</i> | <i>15</i> | <i>187</i> | <i>79</i> | <i>29</i> | |
| | <i>NPSKMgMicros</i> | <i>3.1</i> | <i>0.34</i> | <i>1.7</i> | <i>0.61</i> | <i>0.21</i> | <i>0.25</i> | <i>14</i> | <i>14</i> | <i>192</i> | <i>84</i> | <i>29</i> | |
| Rangos Críticos # | | 2.7-3.5 | 0.25-0.40 | 1.7-2.5 | 0.2-0.4 | 0.25-0.40 | 0.15-0.20 | 15-20 | 6-20 | 50-250 | 30-150 | 15-50 | |

Promedios de diversas fuentes bibliográficas

Tabla 5. Rendimientos de maíz de los seis tratamientos y respuestas a NP y a S en los seis sitios establecidos en 1999.

| Tratamiento | Rendimientos | | | | | | |
|-------------------|-------------------|-----------|------------------|---------------|-------------|-------------|-------------|
| | Bragado | Cafferata | Corral de Bustos | Los Surgentes | Monte Buey | San Justo | Promedio |
| | ----- kg/ha ----- | | | | | | |
| Testigo | 3095 b | 6207 | 6225 c | 4113 | 6825 b | 1232 c | 4616 b |
| NP | 5209 a | 7291 | 10914 b | 9963 | 11582 a | 3509 b | 8078 ab |
| NPS | 5890 a | 10851 | 12040 a | 11518 | 11965 a | 6109 a | 9729 a |
| NPSK | 4996 a | 11741 | 11723 a | 12157 | 11293 a | 5920 a | 9638 a |
| NPSKMg | 5482 a | 10938 | 11597 a | 11982 | 11715 a | 6535 a | 9708 a |
| MPSKMgMicros | 5172 a | 12070 | 12068 a | 11151 | 12084 a | 5938 a | 9747 a |
| <i>DMS (5%) #</i> | <i>1709</i> | <i>-</i> | <i>480</i> | <i>-</i> | <i>1363</i> | <i>1111</i> | <i>4083</i> |
| | Respuestas | | | | | | |
| NP | 2114 | 1084 | 4689 | 5850 | 4758 | 2277 | 3462 |
| S | 682 | 3559 | 1127 | 1555 | 383 | 2601 | 1651 |

Rendimientos seguidos por una misma letra en cada columna no difieren significativamente al nivel de probabilidad del 5%.

Tabla 6. Rendimientos de maíz de los seis tratamientos y respuestas a NP y a S en los cuatro sitios establecidos en 2000.

| Tratamiento | Rendimientos | | | | |
|-------------------|-------------------|-------------|----------|-------------|-------------|
| | Noetinger | Paraná | Pilar | Tandil | Promedio |
| | ----- kg/ha ----- | | | | |
| Testigo | 6314 b | 5987 c | 6700 | 9547 b | 7137 b |
| NP | 9853 a | 8577 b | 11790 | 11277 a | 10374 ab |
| NPS | 10561 a | 10339 a | 10880 | 11067 ab | 10712 ab |
| NPSK | 10384 a | 10007 a | 11050 | 11633 a | 10768 ab |
| NPSKMg | 10777 a | 10065 a | 10970 | 11991 a | 10951 ab |
| MPSKMgMicros | 10193 a | 10482 a | 11060 | 11151 a | 10722 ab |
| <i>DMS (5%) #</i> | <i>1148</i> | <i>1176</i> | <i>-</i> | <i>1629</i> | <i>1763</i> |
| | Respuestas | | | | |
| NP | 3539 | 2590 | 5090 | 1731 | 3237 |
| S | 708 | 1762 | -910 | -210 | 337 |

Rendimientos seguidos por una misma letra en cada columna no difieren significativamente al nivel de probabilidad del 5%.