

# **Manejo de la fertilidad de suelos y fertilización de cultivos para altos rendimientos en la región pampeana argentina <sup>1</sup>**

**Fernando O. García**

INPOFOS Cono Sur

Potash and Phosphate Institute - Potash and Phosphate Institute of Canada

Av. Santa Fe 910 – (B1641ABO) Acassuso, Buenos Aires, Argentina

fgarcia@inpofos.org

## **Soil fertility and crop fertilization management for high yields in the pampean region**

### **Abstract**

*Grain production has sharply increased in the last decade in Argentina, approximately 74% in the period 1991-2000, mainly because of increases in planted area but not in average grain yields. Also, average grain yields of several areas of the Pampas, the main grain production area of the country, are below potential yields. Soil fertility and crop fertilization management could improve grain yields. Nitrogen (N), phosphorus (P), and sulfur (S) are the main deficient nutrients in the pampean region. Deficiencies and responses to other nutrients have been observed for specific crops and areas, i.e. chloride response in wheat in the western pampas. Recent and current research and experimentation show the contribution of N, P, and S management on increasing yields of field crops such as soybean, wheat, and corn. Current ratios of grain/fertilizer prices (November 2002) are favorable to develop fertilization practices according to crop requirements and soil fertility conditions.*

La producción de cultivos en Argentina, cuya mayor proporción se implanta en la región pampeana, se ha incrementado en forma notable en los últimos años (Fig. 1). En el cultivo de soja, el crecimiento de la producción se basó en un aumento importante del área sembrada, mientras que el aumento de rendimiento fue proporcionalmente mucho menor (Tabla 1). Los aumentos de la producción de maíz y trigo mostraron un mayor equilibrio entre los incrementos del área sembrada y del rendimiento. El girasol moderó la caída en el área sembrada a partir de 1998 con los rendimientos crecientes observados durante la década analizada.

Las investigaciones y experimentaciones a campo han determinado que los rendimientos promedios obtenidos en distintas zonas ecológicas se encuentran por debajo de los rendimientos potenciales que se pueden alcanzar bajo condiciones normales de clima y suelo. La Figura 2 muestra tres ejemplos de la brecha estimada entre rendimientos promedio y potenciales para trigo en el sur de Buenos Aires, y soja de primera y maíz en el norte de Buenos Aires-Sur de Santa Fe y Córdoba. En los tres casos se asumen tecnologías de producción intermedias a avanzadas y no se considera el uso de riego suplementario. La baja tasa de incremento en el rendimiento promedio de los

<sup>1</sup> Resumen de la presentación realizada en la 4ª Conferencia Fertilizantes Cono Sur organizada por British Sulphur Pub. – Porto Alegre, Brasil – 18-20 Noviembre 2002.

cultivos de grano a nivel región pampeana, y la brecha observada entre los rendimientos promedio y los potenciales a nivel zonal resulta en la necesidad de conocer las tecnologías de manejo que se deben mejorar.

Los nutrientes generalmente deficientes para la producción de cultivos en la región pampeana han sido el nitrógeno (N) y el fósforo (P) y, en los últimos años, también se han observado deficiencias de azufre (S) en numerosas zonas. Las observaciones de deficiencias y respuestas a otros nutrientes como magnesio (Mg), potasio (K) y micronutrientes han sido puntuales para algunos cultivos y áreas.

El consumo de nutrientes a nivel nacional y, fundamentalmente, en cultivos extensivos de la región pampeana ha aumentado marcadamente en la década del '90 (Fig. 3). Este aumento se ha correlacionado con el incremento en la producción de granos (Fig. 4), aunque obviamente no es la única causa del mismo. La adopción masiva de la siembra directa, la aparición de variedades e híbridos de mayor rendimiento y sanidad, y el uso adecuado de herbicidas, insecticidas y funguicidas han sido factores determinantes para el logro de producciones de grano superiores a los 60 millones de toneladas a nivel país.

A pesar del marcado incremento en el consumo de fertilizantes a partir de 1991, y del impacto que este fenómeno ha generado sobre la producción de granos, el balance de nutrientes (Extracción en grano vs. Reposición vía fertilizantes) sigue siendo negativo. En los últimos años se ha aplicado aproximadamente un 20-30% del N y un 40-50% del P extraído en granos, mientras que el grado de reposición del K ha sido prácticamente nulo (<1%) (Fig. 5). Estos desbalances han resultado en una significativa pérdida de la fertilidad nativa de los suelos.

El manejo de la fertilidad de suelos y fertilización de cultivos puede achicar la brecha existente entre rendimientos promedio y potenciales y, por ende, mejorar los rendimientos medios de los cultivos en la región pampeana argentina. Un buen ejemplo lo constituye la información de la Figura 6 que muestra los rendimientos de maíz de dos ensayos de larga duración en el sudeste de Córdoba en condiciones contrastantes de fertilidad de suelos. Los resultados obtenidos demuestran que en el sitio de baja fertilidad original (Maíz 2001), la fertilización NPS permite alcanzar rendimientos similares a los obtenidos en el sitio de mejor fertilidad (Maíz 2000). Debe notarse que los rendimientos de los cultivos sin fertilizar (Tratamientos Testigo) difieren en 1438 kg/ha, demostrando las diferencias en disponibilidad de nutrientes entre ambos sitios. Otro aspecto de importancia es la diferencia observada entre los rendimientos de los tratamientos NPS diagnóstico (fertilización según análisis de suelo) y NPS reposición (fertilización según extracción del cultivo para un rendimiento objetivo) que fue, en promedio para los dos sitios, de 1799 kg/ha. Esto estaría indicando que las dosis de nutrientes actualmente recomendadas se encuentran por debajo de las dosis óptimas para el cultivo.

A continuación, se presenta una síntesis de algunos avances observados en los últimos años en el ajuste del manejo de la fertilidad de suelos y la fertilización de cultivos para contribuir al aumento de los rendimientos de los principales cultivos de grano.

## **Maíz**

En la zona norte se dispone de metodología de recomendación para la fertilización nitrogenada de maíz que indica que disponibilidades de N a la siembra (N-nitratos en el suelo a 0-60 cm + N aplicado como fertilizante) de 100-150 kg/ha permiten alcanzar rendimientos de 9000-10000 kg/ha. Experiencias conducidas por AAPRESID y Profertil en la campaña 2001/02 demuestran que para rendimientos de 12000 kg/ha o superiores se debería disponer de 170 kg/ha de N en el suelo a la siembra (Fig. 7) (Bianchini et al., 2002).

En cuanto a P, se ha podido establecer una relación entre el nivel de P Bray 1 en suelo y la eficiencia de uso del P aplicado que indica que para las relaciones de precio grano/P actuales (Octubre 2002), se obtienen respuestas rentables con niveles de P Bray de 16-17 ppm o menores (Fig. 8).

Las respuestas a S se verifican en los sitios con alta respuesta a N. Esto se explica a partir de que la reserva en el suelo de ambos nutrientes, N y S, la constituye la materia orgánica. La pérdida de materia orgánica lleva en primer lugar a deficiencias de N y, luego, a deficiencias de S. Esta interacción N\*S se observa claramente en los ensayos de campo: la respuesta a S se verifica cuando se cubren las necesidades de N y, por otro lado, la respuesta a N se ve limitada por la deficiencia de S. El ensayo conducido en 2001/02 por Julia Capurro y colaboradores de la AER INTA Cañada de Gómez es un excelente ejemplo de interacción N\*S (Fig. 9) (Capurro et al., 2002). Tanto para maíz como para trigo y soja, no se han podido calibrar análisis de suelo de S-sulfatos con la respuesta a la fertilización azufrada.

## **Trigo**

En lo que hace a N, experiencias recientes han demostrado una marcada interacción N \* variedad (Calviño y Redolatti, 2002). Variedades de alto potencial de rendimiento de origen francés son más eficientes en el uso del N absorbido y alcanzan mayores rendimientos que las variedades tradicionales. Un aspecto a evaluar en el manejo de variedades de trigo es la calidad industrial, la cual podría ser mejorada con aplicaciones tardías de N vía foliar (Ricardo Bergh, CEI INTA-MAA Barrow, com. pers., 2002).

Los niveles críticos de P Bray 1 en suelo se estiman en 14-15 ppm para cultivos de la zona norte con potenciales de 3500 kg/ha (Fig. 10), y en 20-22 ppm para cultivos de la zona sur con rendimientos potenciales de 6500 kg/ha.

La aplicación de cloruros, como cloruro de potasio o cloruro de amonio, ha resultado en respuestas significativas en el rendimiento de trigo en la zona oeste (Díaz Zorita et al., 2002) (Fig. 11). Estas evaluaciones se continúan durante esta campaña 2002/03 para determinar con mayor precisión las áreas de respuesta y desarrollar metodologías de recomendación.

## **Soja**

Las redes de ensayos de fertilización de soja de primera (siembra de octubre-noviembre) del Proyecto INTA Fertilizar han permitido confirmar niveles críticos de P Bray de 12-14 ppm por debajo de los cuales se encuentran respuestas rentables a la fertilización fosfatada (Echeverría et al., 2002). La

Figura 12 muestra el ajuste obtenido entre P Bray y la eficiencia de uso del P aplicado para 47 ensayos realizados entre 1997 y 2001 por INTA, Proyecto INTA Fertilizar y la Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires. Se observan eficiencias de uso de P superiores a 11 kg soja por kg de P (relación de indiferencia) con niveles de P Bray debajo de 12 ppm.

La soja sigue siendo el cultivo que muestra mayor respuesta a la aplicación de S, sea en aplicaciones directas (soja de primera siembra) o residuales (soja de segunda, después de trigo). Como se indicó anteriormente, se continúan evaluando metodologías que permitan un diagnóstico más preciso de las necesidades de S.

### **Residualidad de P y S**

Experiencias actualmente en desarrollo en el centro-oeste de Buenos Aires (9 de Julio) (Ventimiglia et al., 2001), y en el centro-este de Santa Fe (Bernardo de Irigoyen) (Vivas et al., 2002) demuestran los marcados efectos residuales de la fertilización fosfatada en suelos hapludoles y argiudoles de la región pampeana con baja capacidad de fijación de P. Estas experiencias complementan las observaciones realizadas en ensayos conducidos entre 1988 y 1993 en el sur de Buenos Aires (Berardo et al., 1994). La Figura 13 muestra los efectos residuales de distintos niveles de fertilización con P en una rotación de cuatro cultivos en tres años en un suelo Hapludol de 9 de Julio (Buenos Aires) con 9 ppm de P Bray inicial.

La red de ensayos 2001/02 de trigo/soja del Proyecto INTA Fertilizar también confirmó los efectos residuales de P y de S que permiten manejar la fertilización del doble cultivo directamente a la siembra del trigo, simplificando la logística y reduciendo los costos de aplicación (Echeverría et al., 2002).

### **Consideraciones finales**

Si bien la producción de granos en Argentina ha crecido notablemente en la última década, los rendimientos de los principales cultivos de grano no han experimentado incrementos proporcionales y, en muchas zonas de la región pampeana, están por debajo de los rendimientos potenciales. El adecuado manejo de la fertilidad de suelos y la fertilización de cultivos permitirá achicar la brecha existente entre los rendimientos promedio y los potenciales zonales. Nitrógeno, fósforo y azufre son los nutrientes a los que se debe prestar mayor atención, pero se han observado respuestas a otros nutrientes en cultivos y áreas específicas, por ej., cloro en trigo en el oeste de la región pampeana. Las relaciones de precios granos/fertilizantes actuales (Noviembre 2002) son favorables para el desarrollo de planes de fertilización acordes con las necesidades de los cultivos y las condiciones de fertilidad de los suelos.

### **Referencias**

- Berardo A., F. Grattone, R. Rizzalli y F. García. 1994. Residual phosphorus evaluated for soils of Southeast Buenos Aires province. *Better Crops International* 10 (1):3-5. Potash and Phosphate Institute. Norcross, Georgia, EE.UU.
- Bianchini A., F. Llambias, M. Ambrogio y S. Lorenzatti. 2002. Nitrógeno para mejores rendimientos. *Siembra Directa* 13 (62): 20-22. AAPRESID. Rosario, Santa Fe, Argentina.

- Calviño P. y M. Redolatti. 2002. Diagnóstico de nitrógeno en trigo con variedades de distinto potencial de producción. Actas CD XVIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. AACCS. Puerto Madryn, Chubut, Argentina.
- Capurro J., C. Fiorito, M. González y R. Pagani. 2002. Fertilización del cultivo de maíz en Cañada de Gómez (Santa Fe): Resultados del ensayo campaña 2001/02. Informaciones Agronómicas del Cono Sur 15: 8-11. INPOFOS Cono Sur. Acassuso, Buenos Aires, Argentina.
- Díaz Zorita M., G. Duarte, M. Barraco y M. Fornasero. 2002. Respuesta de cultivos de trigo a la fertilización con cloruros. Actas CD XVIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. AACCS. Puerto Madryn, Chubut, Argentina.
- Echeverría H., G. Ferraris, G. Gerster, F. Gutiérrez Boem y F. Salvagiotti (Ex aequo). 2002. Fertilización en soja y trigo - soja: Respuesta a la fertilización en la región pampeana. Resultados de la red de ensayos del proyecto fertilizar – INTA. Campaña 2000/2001 y 2001/2002. Proyecto Fertilizar INTA. EEA INTA Pergamino. Buenos Aires, Argentina. *En* [www.fertilizar.org](http://www.fertilizar.org), rev. 30/10/02.
- Ventimiglia L., H. Carta, S. Rillo, M. Conti, y F. García. 2001. Phosphorus and potassium fertilization and residual effects in a loam soil in the argentinean Pampas. *Agronomy Abstracts*. ASA-CSSA-SSSA. Madison, Wisconsin, EE.UU.
- Vivas H., H. Fontanetto, R. Albrecht, M. Vega y J. Houtian. 2002. Fertilización con P y S en el doble cultivo trigo-soja. Residualidad en soja. Respuesta física y económica. Anuario 2001. pp. 114-118. EEA INTA Rafaela. Santa Fe, Argentina.

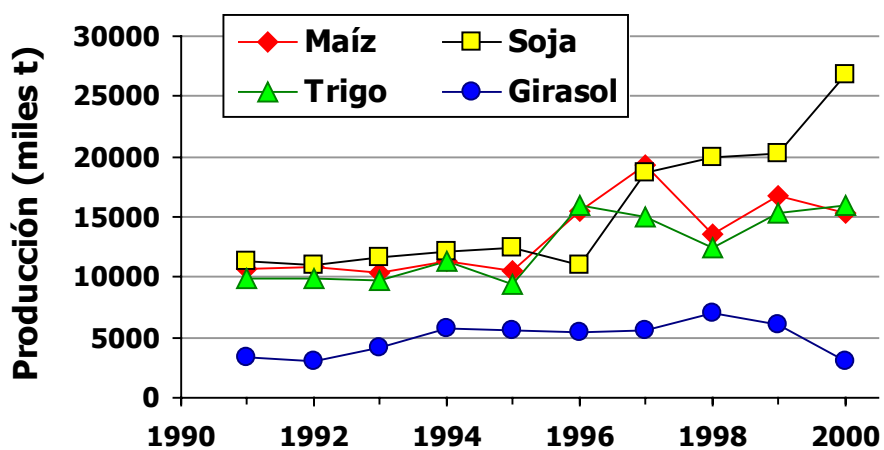


Figura 1. Evolución de la producción de maíz, trigo, soja y girasol en Argentina. Período 1991-2000. Fuente: SAGPyA.

Tabla 1. Tasa de crecimiento anual promedio en producción, área y rendimiento de soja, trigo, maíz y girasol en Argentina en el período 1991-2000. Fuente: Elaboración propia a partir de información de SAGPyA.

Cultivo	Producción <i>miles t</i>	Área <i>miles ha</i>	Rendimiento <i>kg/ha</i>
Soja	1596	557	43
Trigo	751	211	50
Maíz	774	100	110
Girasol	196	87	19

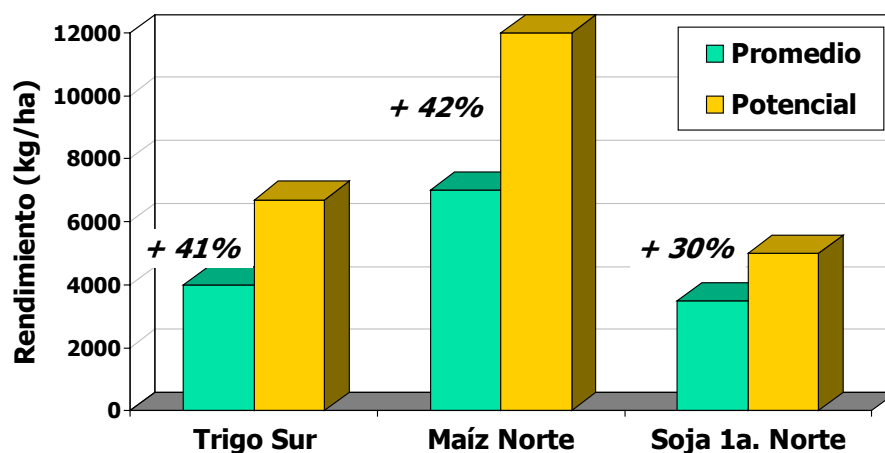


Figura 2. Rendimientos promedios y potenciales estimados para trigo en el sur de Buenos Aires y soja de primera y maíz en el norte de Buenos Aires y sur de Santa Fe y Córdoba.

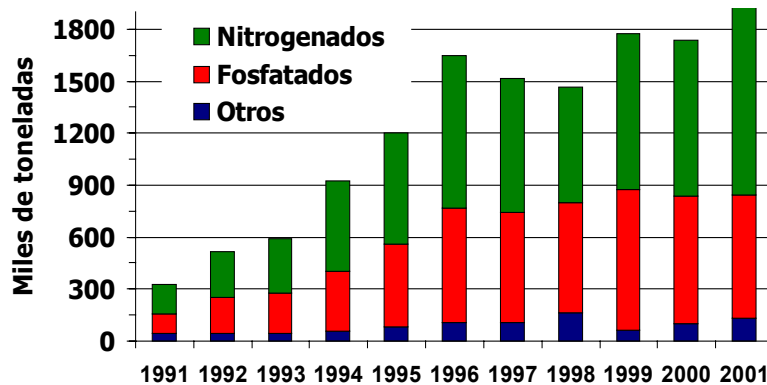


Figura 3. Evolución del consumo aparente de fertilizantes en Argentina, Período 1991-2001. Fuente: Ing. Mario Medana (SENASA-SAGPyA) y elaboración propia.

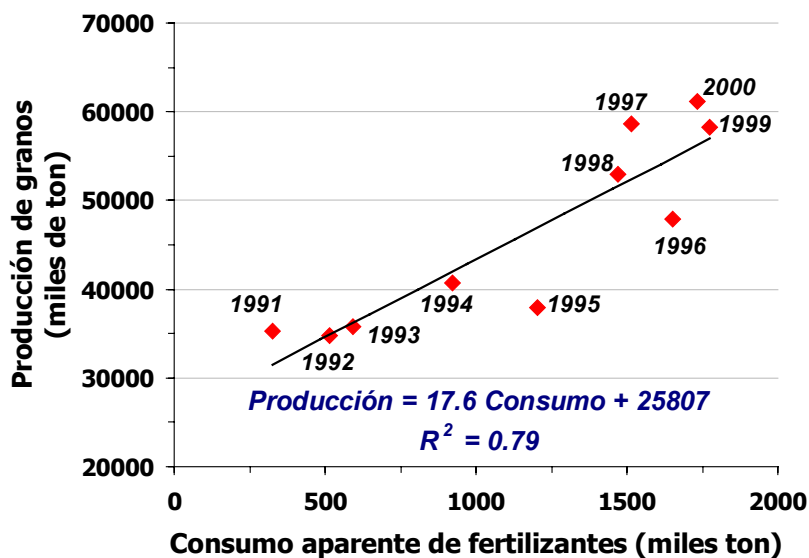


Figura 4. Relación entre la producción de granos y el consumo aparente de fertilizantes en Argentina en el período 1991-2000. Fuente: Elaboración propia a partir de información de SAGPyA y SENASA (Ing. Mario Medana).

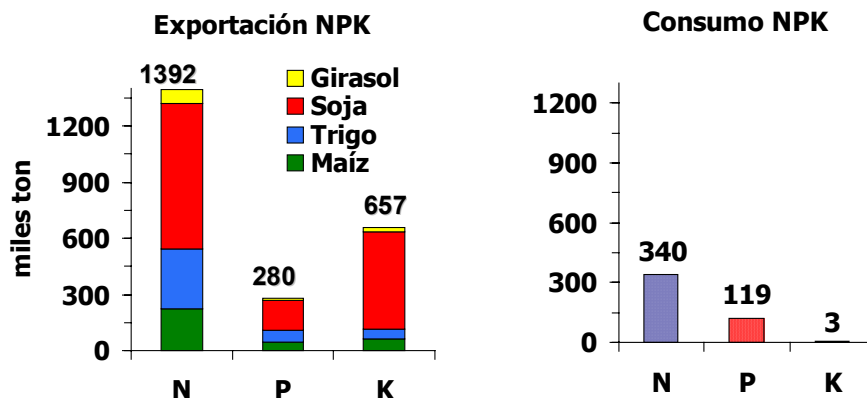


Figura 5. Extracción en granos de soja, trigo, maíz y girasol y reposición por aplicación de fertilizantes de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) en la campaña 2000/01 en Argentina. Para N en soja se consideró que 50% del N extraído en granos es aportado por fijación simbiótica del N atmosférico. Fuente: Elaboración propia a partir de información de SAGPyA y SENASA (Ing. Mario Medana).

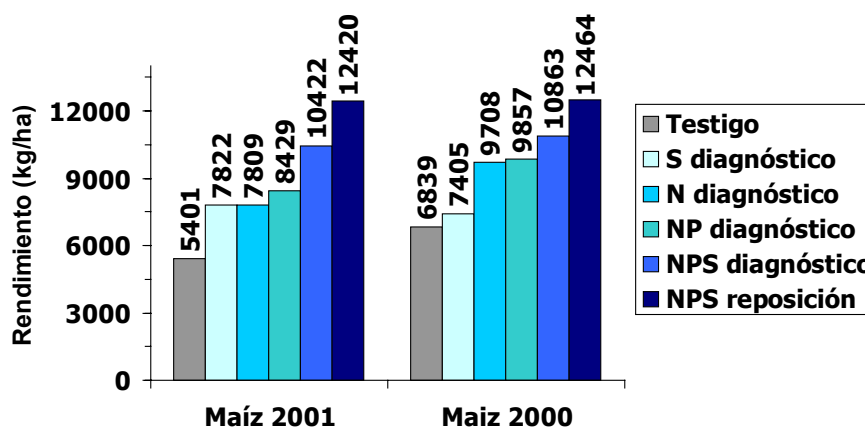


Figura 6. Rendimientos de maíz con distintos tratamientos de fertilización con nitrógeno (N), fósforo (P) y azufre (S) en dos sitios del sudeste de Córdoba en suelos con distinto grado de deterioro. El sitio de Maíz 2001 corresponde al establecimiento Don Osvado sobre un suelo con prolongada historia agrícola y baja fertilidad. El sitio de Maíz 2000 corresponde al establecimiento Los Chañaritos sobre un suelo con un menor número de años bajo agricultura continua y mejor fertilidad. Fuente: V. Gudelj y col. (com. pers., EEA INTA Marcos Juárez, Córdoba).

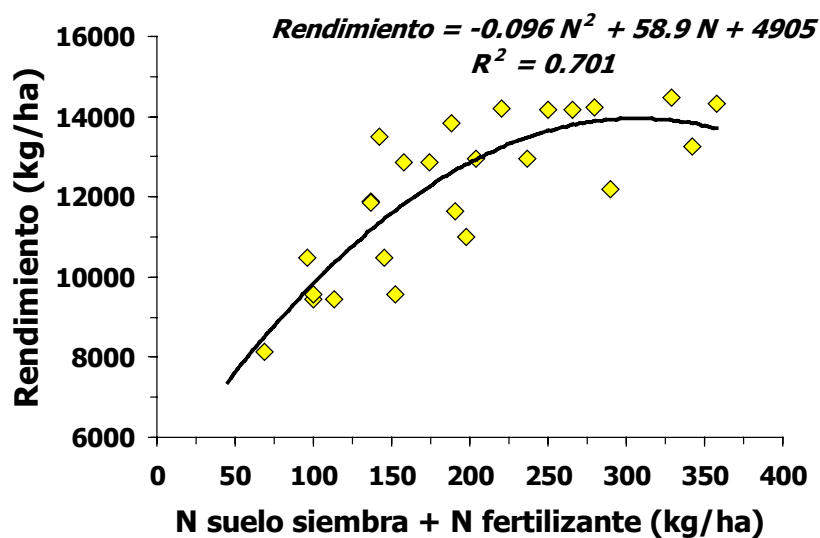


Figura 7. Rendimientos de maíz en función del N disponible a la siembra (N-nitratos en el suelo a 0-60 cm + N aplicado como fertilizante) en cinco ensayos conducidos en la campaña 2001/02 en Córdoba y Santa Fe. Fuente: Bianchini et al. (2002).

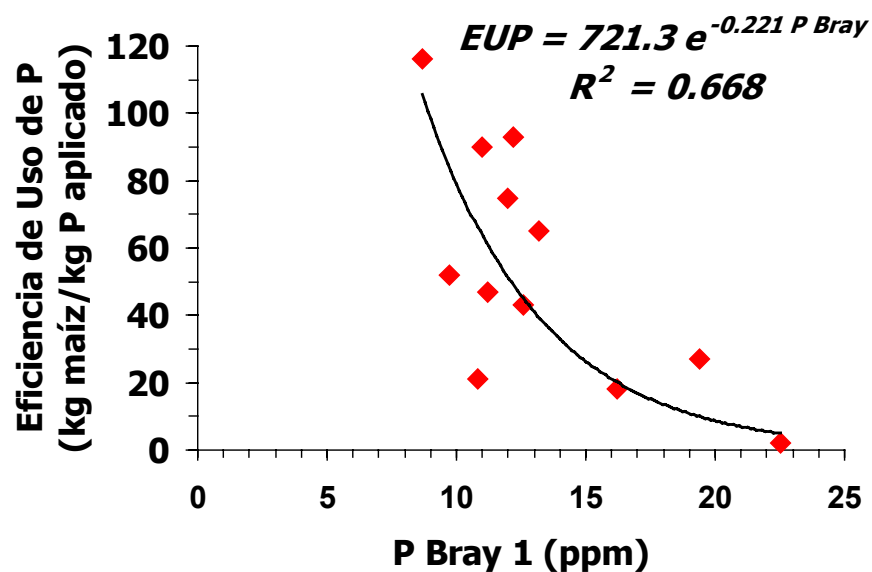


Figura 8. Eficiencia de uso de P aplicado en maíz en función del P disponible (Bray 1) del suelo. Datos de 12 ensayos de la zona norte de la región pampeana de INTA y CREA Sur de Santa Fe.

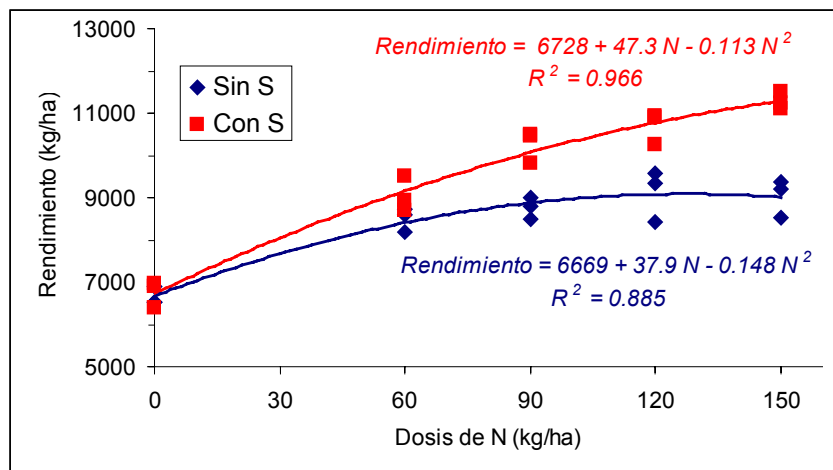


Figura 9. Rendimiento de maíz con dosis variables de N para dos niveles de fertilización azufrada. Ensayo Cañada de Gómez (Santa Fe), 2001/02. Fuente: Capurro et al. (2002).

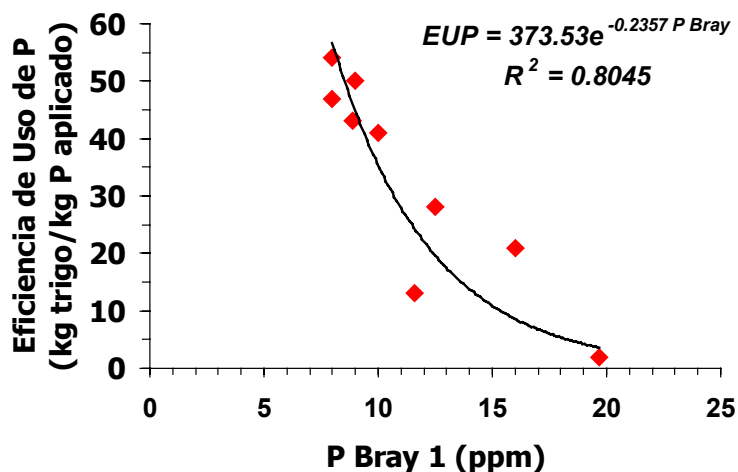


Figura 10. Eficiencia de uso de P aplicado en trigo en función del P disponible (Bray 1) del suelo. Datos de 9 ensayos de la zona norte de la región pampeana de INTA, CREA Sur de Santa Fe y AAPRESID.

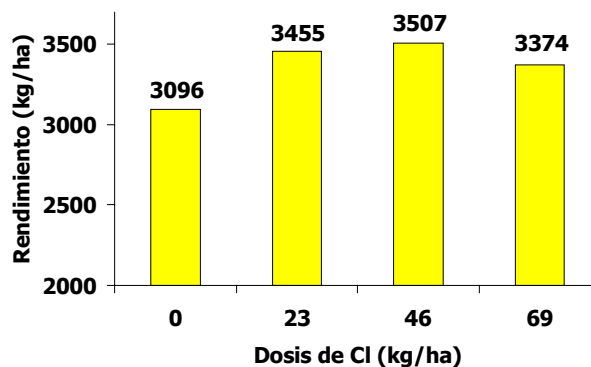


Figura 11. Rendimientos de trigo con distintas dosis de cloro (Cl). Promedios de tres ensayos en el noroeste de Buenos Aires, Campaña 2001/02. Fuente: Díaz Zorita et al. (2002).

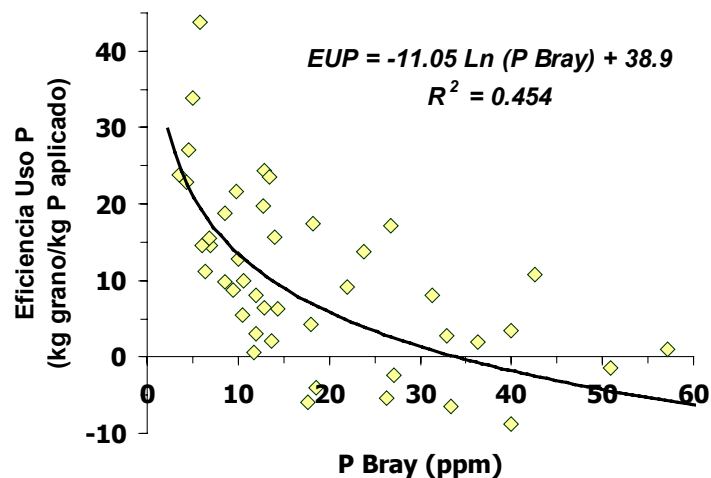


Figura 12. Eficiencia de uso de P aplicado en soja en función del P disponible (Bray 1) del suelo. Datos de 47 ensayos de la zona norte de la región pampeana de INTA, Proyecto INTA Fertilizar, y Facultad de Agronomía (UBA).

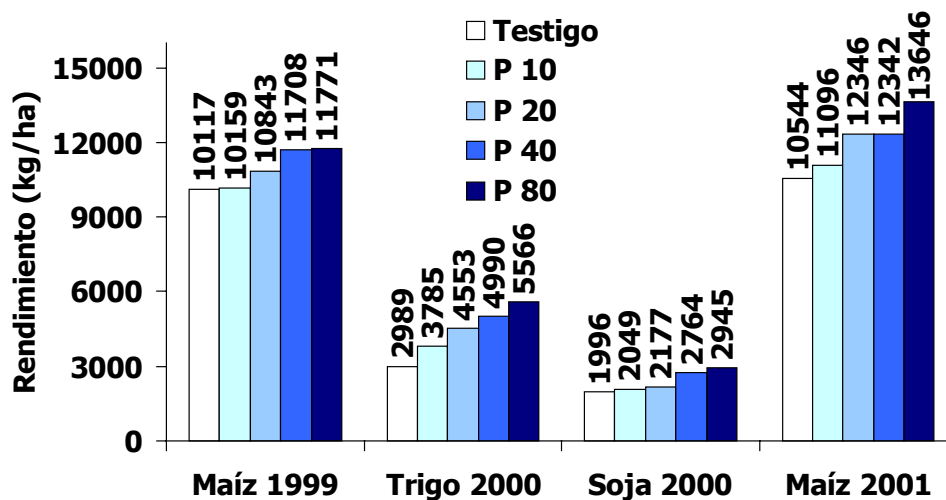


Figura 13. Rendimientos de maíz (1999), trigo (2000), soja de segunda (2000) y maíz (2001) con distintas dosis de P aplicado únicamente a la siembra de maíz en 1999. Ensayo Inchausti (9 de Julio, Buenos Aires). Fuente: Luis Ventimiglia y col., UEEA INTA 9 de Julio, (com. pers.).