

Nutrición en la rotación:
Cuatro años de la red de ensayos de AAPRESID-
INPOFOS

Resultados de trigo /soja de la campaña 2002/03

Ings. Daniel Peruzzi, Agustín Bianchini, Santiago Lorenzatti y Joaquín Rabasa. Área Técnica de AAPRESID

La producción de granos a nivel país se ha incrementado en forma notable en los últimos años. Ello es debido básicamente a la incorporación de nuevas tierras, mas que al incremento de los rindes promedios. De acuerdo a investigaciones y a experimentos a campo, estos se encuentran entre un 30 y 40% por debajo de los rendimientos potenciales que se pueden alcanzar bajo condiciones normales de clima y suelo (García, 2002). Esta brecha entre los rindes promedios y los potenciales determina la necesidad de desarrollar experiencias que ayuden a identificar los factores responsables de tal diferencia y la magnitud en que lo hacen.

Por su parte, una buena nutrición mineral es necesaria para que los cultivos alcancen un óptimo crecimiento y altos rendimientos. Los nutrientes del suelo son generalmente limitantes para la productividad de los cultivos (Andrade, 2000).

Desde el inicio del Plan de Convertibilidad en abril del 1991, se viene registrando un importante incremento en el consumo de fertilizantes, a pesar de ello, aun estamos muy lejos de reponer los nutrientes que se extraen de nuestros suelos al final de los distintos ciclos agrícolas. Solo a nivel de ejemplo, García (2002), con datos aportados por la SAGPyA y el Proyecto Fertilizar del INTA, estimó que se repone entre el 20-30% del nitrógeno y el 40-50% del fósforo extraído en granos, mientras que el grado de reposición del potasio ha sido prácticamente nulo (< al 1%).

Tanto el fósforo como el nitrógeno han sido los nutrientes tradicionalmente deficientes en la Argentina, en la última década se ha encontrado respuesta al agregado de azufre en numerosas regiones. Puntualmente en algunas zonas y para algunos cultivos se han presentado deficiencias de nutrientes como magnesio (Mg) y potasio (K) y micro nutrientes (Boro, Zinc, etc).

Por otro lado, los menores precios relativos de los granos resultan en la disminución de los beneficios económicos para el productor. La alternativa es lograr rendimientos máximos económicos que permitan diluir costos fijos y maximizar ganancias. La adecuada nutrición de los cultivos permite optimizar la eficiencia de uso de los recursos e insumos utilizados en la producción. Conocer y solucionar las deficiencias nutricionales de los cultivos permite ajustar las prácticas de manejo, específicamente de fertilización, para alcanzar los rendimientos máximos económicos.

La adopción de la siembra directa como sistema de producción ha permitido alcanzar rendimientos mayores y más estables que los obtenidos bajo labranza convencional a partir de una mejor estructuración del suelo, la mejora en los niveles de materia orgánica y la mayor infiltración y retención del agua de lluvia. En un sistema de mayor producción, las

necesidades nutricionales de los cultivos son mayores, y pueden presentarse como limitantes nutrientes anteriormente no considerados.

Durante 1999, AAPRESID e INPOFOS establecieron una red de ensayos de fertilización en la región pampeana en un proyecto que cuenta con el patrocinio de las empresas Agroservicios Pampeanos, Hydro Agri Argentina, PASA y Profertil.

Los objetivos principales de estas experiencias son:

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

Este proyecto de carácter exploratorio, trabaja con altas dosis de nutrientes, no limitantes para alcanzar máximos rendimientos potenciales. Los tratamientos establecidos pretenden cubrir deficiencias de nutrientes no usados generalmente sobre una base de aplicación de nitrógeno (N) y fósforo (P) no limitante. La evaluación se realizó durante un período de cuatro años para obtener conclusiones válidas en distintos cultivos y poder evaluar el impacto de los tratamientos, no solo en el rendimiento de los cultivos, sino también en la fertilidad y otras propiedades de los suelos.

En la continuación de esta experiencia, y a partir del conocimiento de los nutrientes deficientes en cada área, deberán estudiarse:

- Niveles críticos de respuesta,
- Dosis económicas de respuesta y
- Momento, forma y método de aplicación.

Este reporte presenta los resultados de rendimiento, obtenidos en trigo/soja campaña 2002/03. Tres de los ensayos reportados fueron establecidos en la campaña 1999/00 con trigo/soja y seis durante la campaña 2000/01 con maíz.

Materiales y Métodos

Los ensayos se instalaron en lotes de producción de establecimientos ubicados en las provincias de Buenos Aires, Córdoba, Santa Fe, Entre Ríos y Chaco, bajo sistemas de siembra directa estabilizados. El manejo general de los cultivos (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 tratamientos utilizados con la cantidad de fertilizantes o nutrientes aplicados se indican en la Tabla 1. 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 han utilizado fertilizantes con distintas concentraciones.

Los tratamientos se aplican anualmente previo a la siembra de trigo (Mayo-Junio), previo a la siembra de maíz (Septiembre-October), y previo a la siembra de soja de primera (October-Noviembre) con la maquinaria del productor.

Tabla 1. Tratamientos establecidos en los sitios experimentales.

Tratamiento	1	2	3	4	5	6
-------------	---	---	---	---	---	---

Nombre	Testigo	NP	NPS	NPSK	NPSKMg	NPSKMg Micros
	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
B						2#
Zn						4
Cu						2
Mo						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.

*Cuando el fertilizante se aplicó previo a la siembra de soja, la cantidad de nitrógeno utilizada fue de 13 kg/ha.

Resultados

Monte Buey:

Este sitio pertenece a la red de ensayos de AAPRESID-INPOFOS desde la campaña 1999/00. Localizado en la provincia de Córdoba lleva mas de 15 años en SD.

En el grafico N° 1 se presenta los resultados obtenidos para trigo y soja de segunda para la campaña 2002/03.

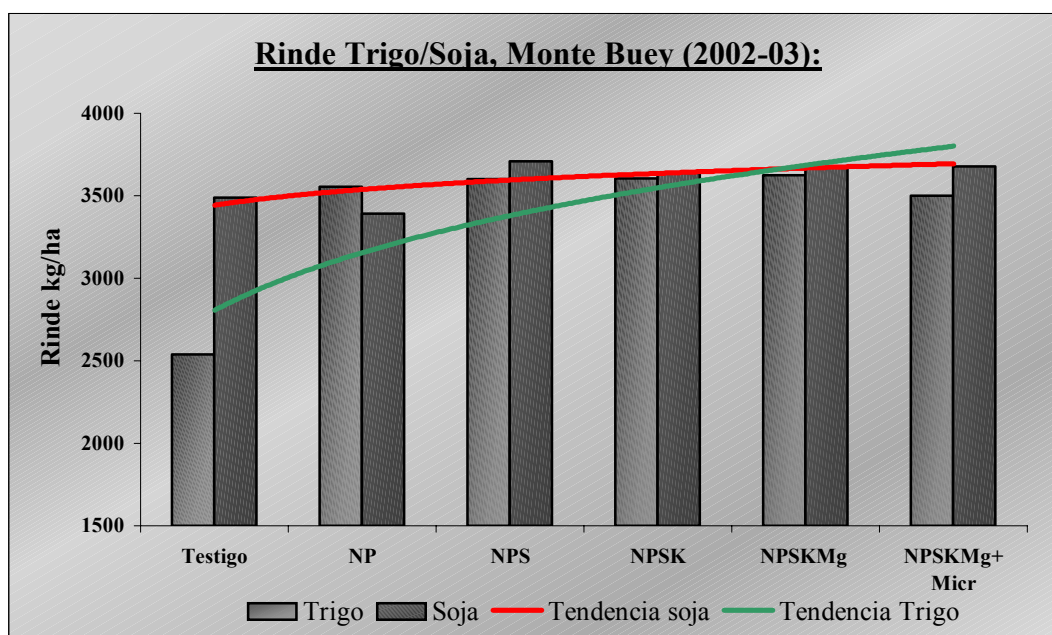


Gráfico 1.

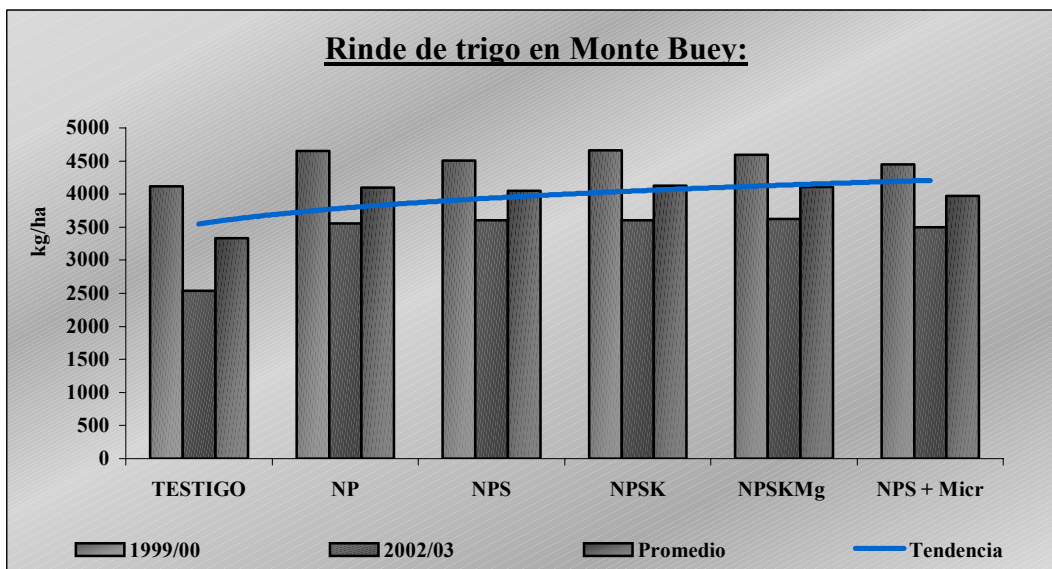


Gráfico 2.

Trigo:

La variedad usada fue Klein Jabalí sembrándose 110 kg/ha el 14 de junio. Las precipitaciones registradas durante el ciclo del cultivo alcanzaron los 230 mm, sin tener en cuenta las lluvias registradas entre marzo y mayo que alcanzaron los 284 mm (ver gráfico N°2).

Sobre un testigo de 2540 kg/ha se encontró respuesta al agregado de nitrógeno y fósforo, el resto de los tratamientos no difirieron entre si. Datos similares se presentaron en la campaña 1999/00 (ver gráfico N° 3).

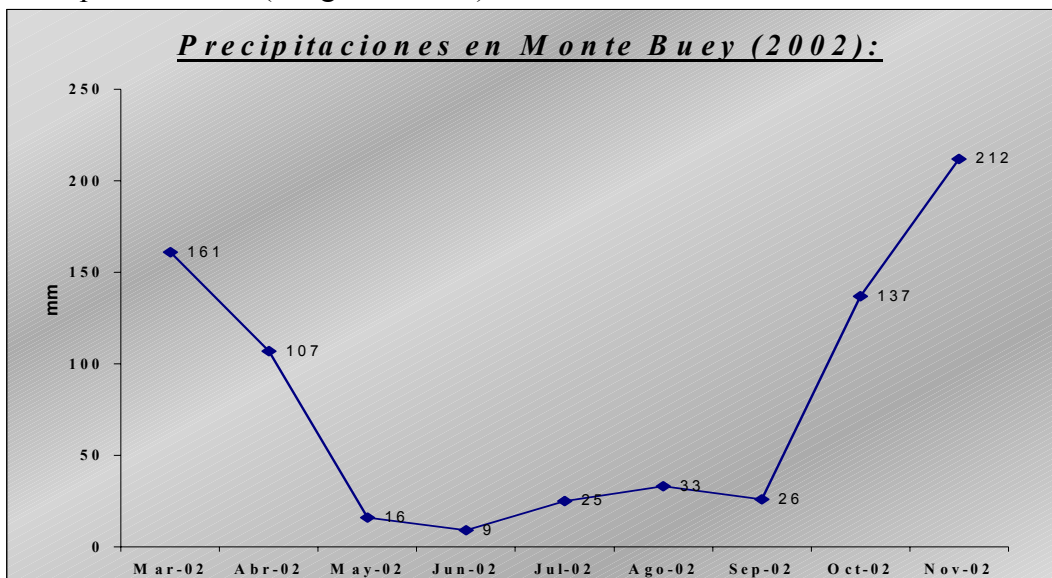


Gráfico 3.

Soja:

En este sitio, la variedad empleada fue DK 14, a razón de 90 kg/ha. La siembra se realizó el 13 de diciembre y la cosecha el 2 de marzo. Las precipitaciones alcanzaron los 539 mm entre diciembre y febrero, a los cuales se debe agregar 212 mm del mes de noviembre (ver gráfico N° 4). La mejora del ambiente con respecto a los mm registrados en la campaña 99/00, ha permitido que todos los tratamientos de la campaña 2002/03 superaran ampliamente los obtenidos durante el ciclo 1999/00.

No se encontró respuesta a nitrógeno ni a fósforo. A diferencia de la campaña 1999/00, el tratamiento que incluyó azufre en la mezcla se diferenció del testigo y la parcela con nitrógeno y fósforo. El resto de los tratamientos no presentaron respuesta.

Como se aprecia en el gráfico N° 5, en el promedio de las campañas no se observa diferencia alguna entre los tratamientos.

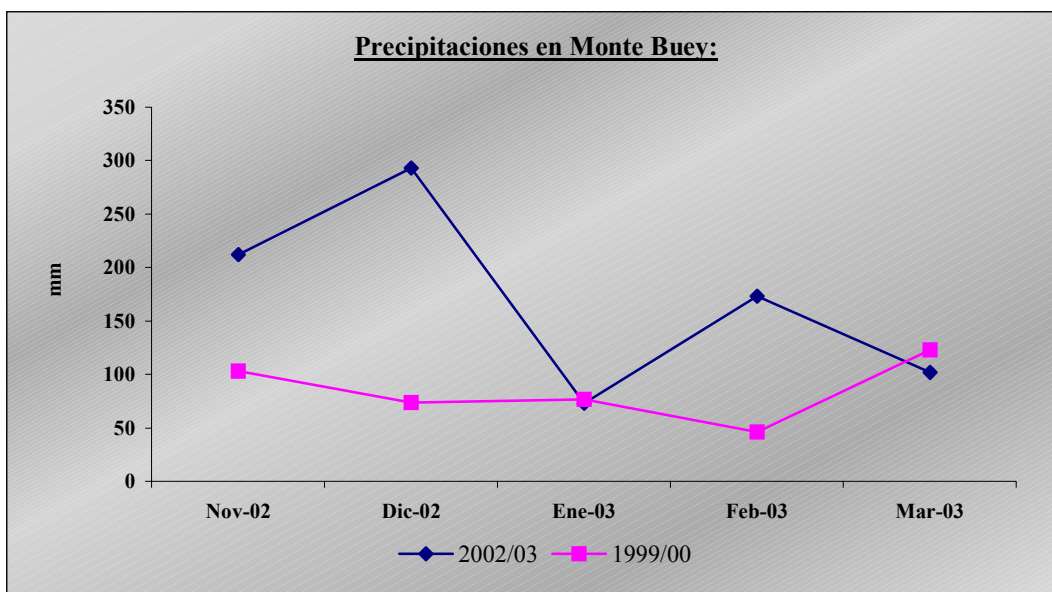


Gráfico 4.

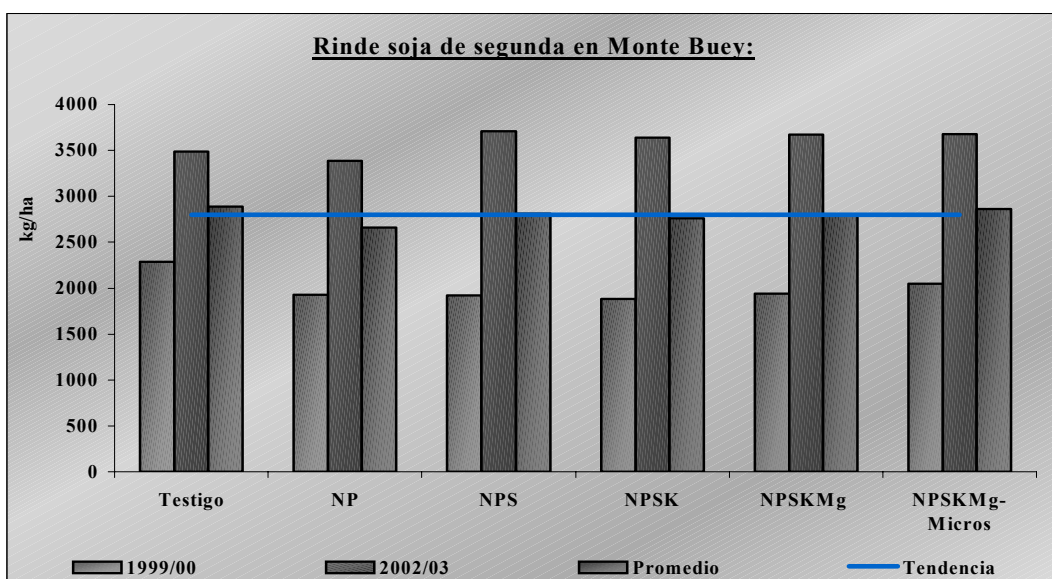


Gráfico 5.

Los Surgentes:

Sitio localizado en la provincia de Córdoba, presente en la red de ensayos desde 1999. El gráfico N° 6 presenta los resultados para trigo y soja de segunda para la campaña en estudio.

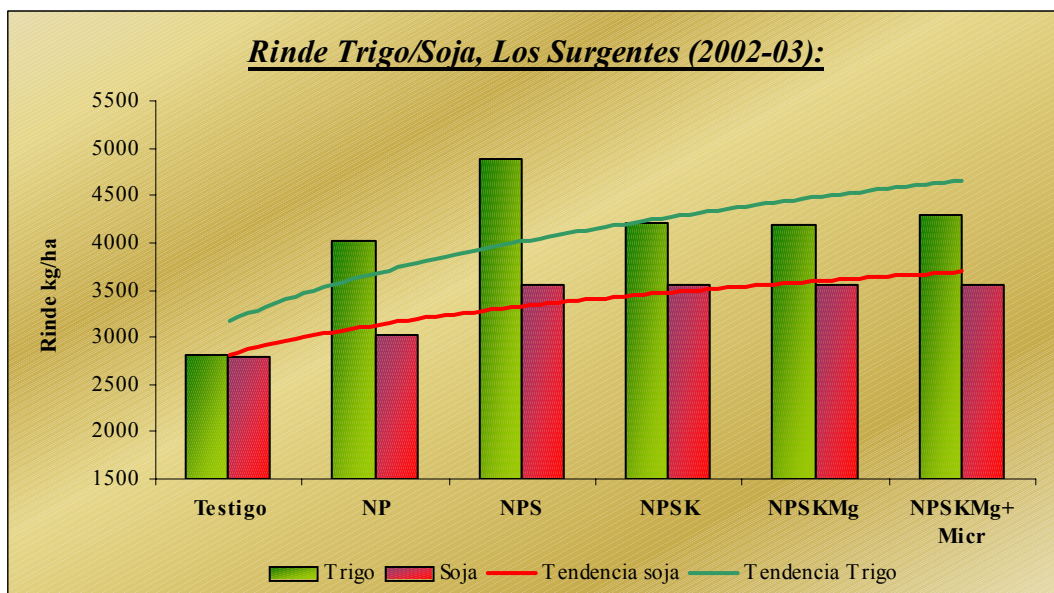


Gráfico 6.

Trigo:

La variedad empleada fue Don Enrique, sembrado el 14 de junio a razón de 130 kq/ha.

Las precipitaciones durante el ciclo acumularon 262 mm desde mayo a noviembre, mientras que en marzo y abril registraron 273 mmm totales. La distribución de las lluvias a lo largo del ciclo del cultivo se pueden ver en el gráfico N° 7. Durante el primer año de ensayos se habían obtenido 199 mm desde mayo a noviembre, a pesar de ser menores las precipitaciones, los rindes a cosecha fueron superiores en todos los tratamientos (Gráfico N°8).

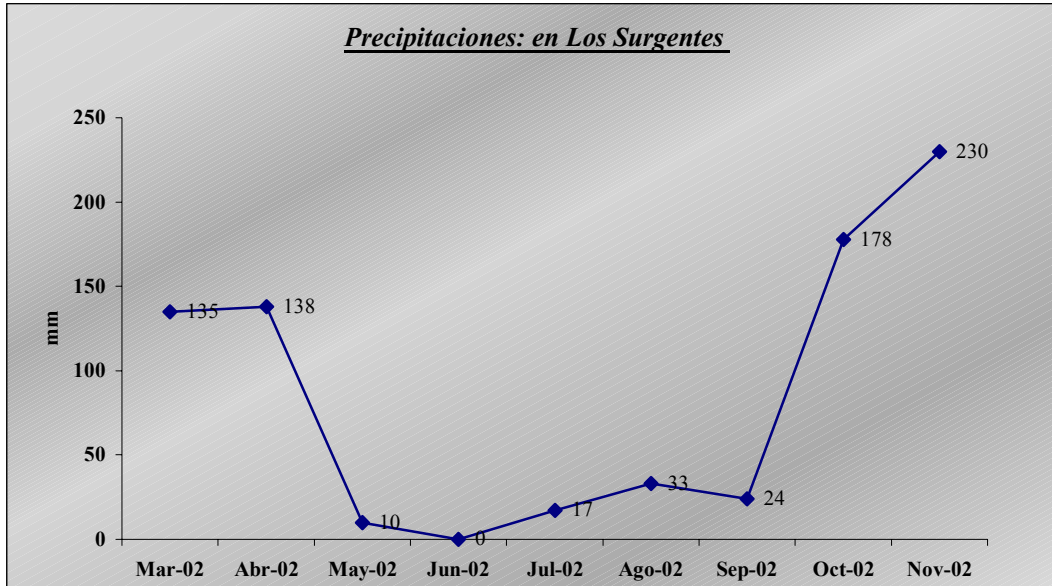


Gráfico 7.

Nuevamente se presentaron diferencias entre el tratamiento testigo y el resto de las parcelas en las cuales participaron nitrógeno y fósforo. No se observó respuesta a K, Mg y microelementos, solo en un ensayo se destacó el agregado de azufre. A pesar de los menores rendimientos, esta tendencia concuerda con los resultados obtenidos durante la campaña 1999/00.

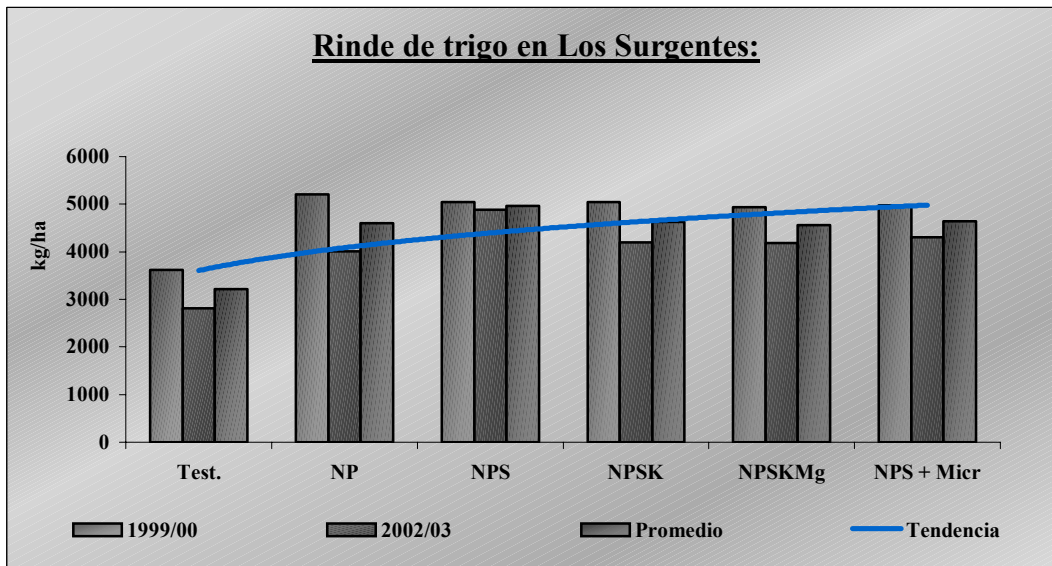


Gráfico 8.

Soja de segunda:

A diferencia de lo observado durante la campaña 1999/00, se presentó respuesta al agregado de azufre (ver gráfico N° 9). El resto de los nutrientes no generaron respuesta sobre el cultivo. Si bien todas las parcelas superaron los tratamientos de la campaña 1999/00, donde se empleó azufre las diferencias fueron mayores entre campañas.

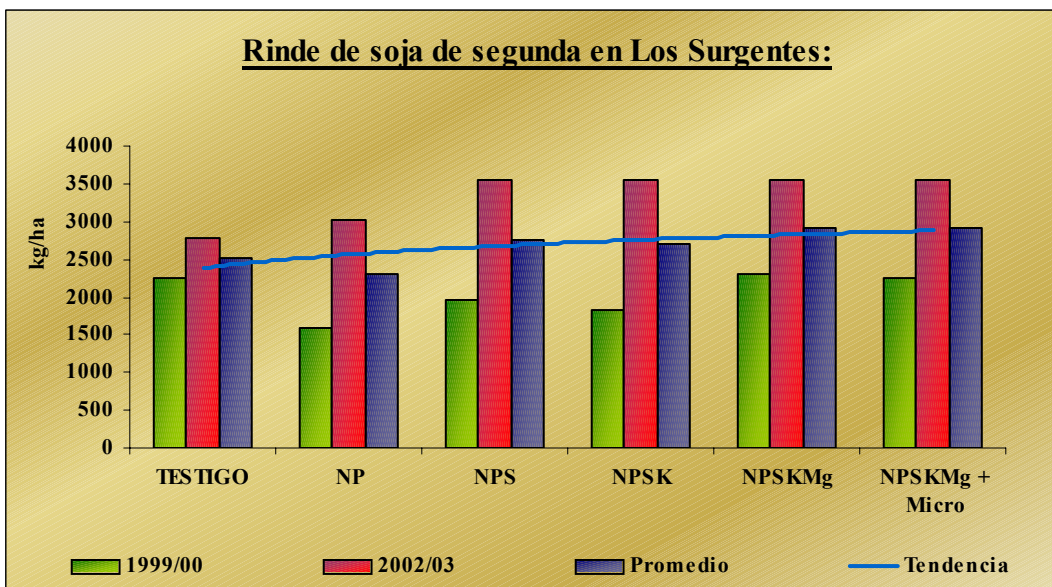


Gráfico 9.

Las precipitaciones durante esta campaña en Los Surgentes, permitieron recargar en parte el perfil del suelo durante noviembre y diciembre (262 mm). Durante el ciclo el total de lluvias caídas ascendió a 485 mm (desde diciembre a marzo), 92 mm más que durante la campaña 1999/00 (393 mm) (ver Gráfico N° 10).

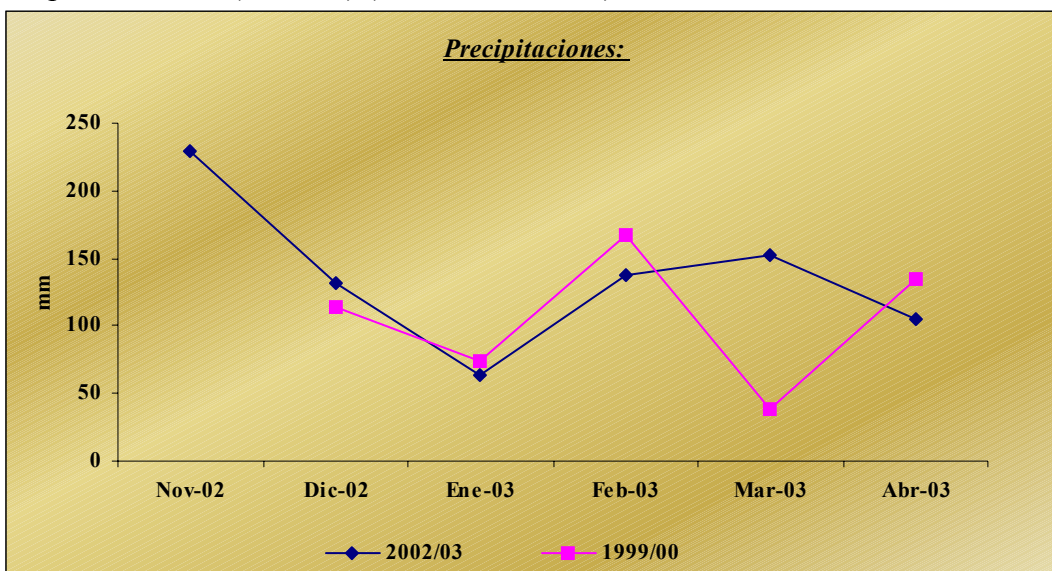


Gráfico 10.

Cafferata:

En la localidad de Cafferata se ubica el tercer sitio de estudio presente en la red de ensayos desde 1999. En la figura N° 11 se pueden observar los resultados obtenidos para los cultivos de trigo y soja durante la campaña 2002-03.

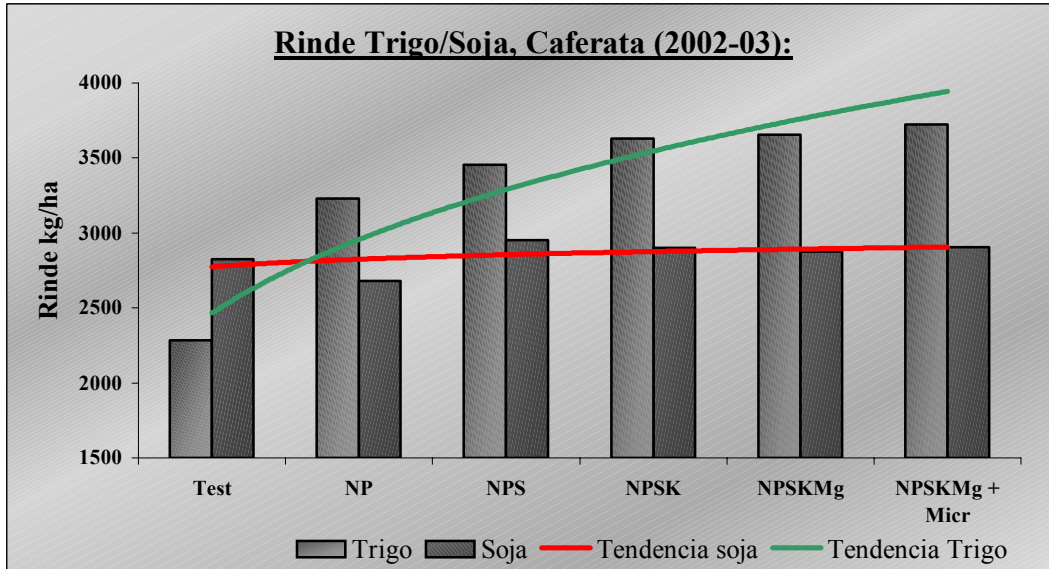


Gráfico 11.

Trigo:

La variedad empleada en este sitio fue Klein Martillo. El cultivo se sembró el 8 de junio, alcanzándose la madurez comercial el 5 de diciembre. La cosecha se realizó el 18 de diciembre, presentando algo de vuelco en ese momento.

En la presente campaña se observó respuesta, solamente, a nitrógeno y fósforo (ver gráfico N° 12). Con respecto a la campaña 1999/00 los resultados obtenidos fueron inferiores en todos los tratamientos, y este puede ser uno de los motivos por los cuales, en aquella campaña, se observa una posible respuesta a azufre y potasio.

Las precipitaciones durante el mes de abril permitieron suplir las deficiencias registradas durante el mes de junio, llegando al período de llenado de granos con buen nivel de humedad (gráfico N° 13). Los mm acumulados durante la campaña, hasta final del ciclo superaron en 286 mm el promedio de los últimos 20 años.

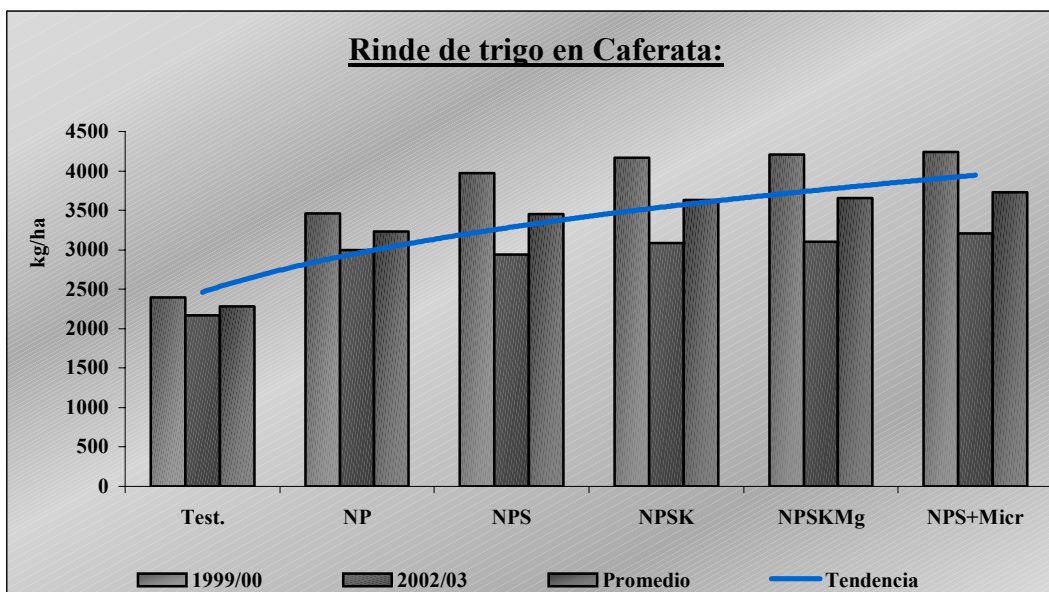


Gráfico 12.

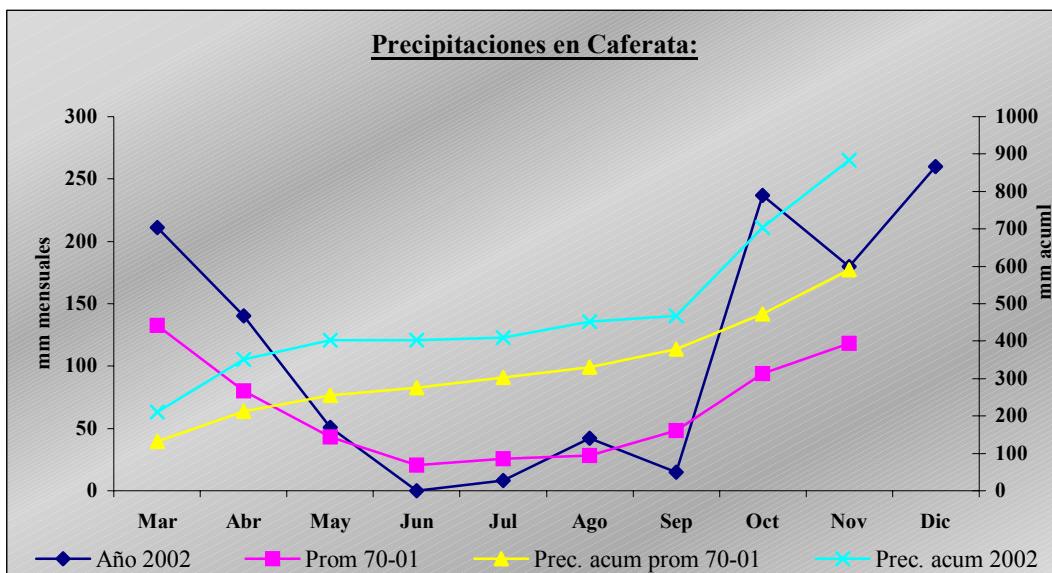


Gráfico 13.

Soja de segunda:

La variedad empleada en el ensayo de Caferata fue Nidera A 4303. La misma se sembró el 5 de enero.

No se presentaron respuesta entre los distintos tratamientos, ni se observaron diferencias con el anterior cultivo de soja de segunda (gráfico N° 14).

Si bien las precipitaciones superaron ampliamente el promedio de los últimos 20 años (gráfico N° 15), la mejor disponibilidad de humedad no alcanzó a compensar las pérdidas por atraso en la fecha de siembra.

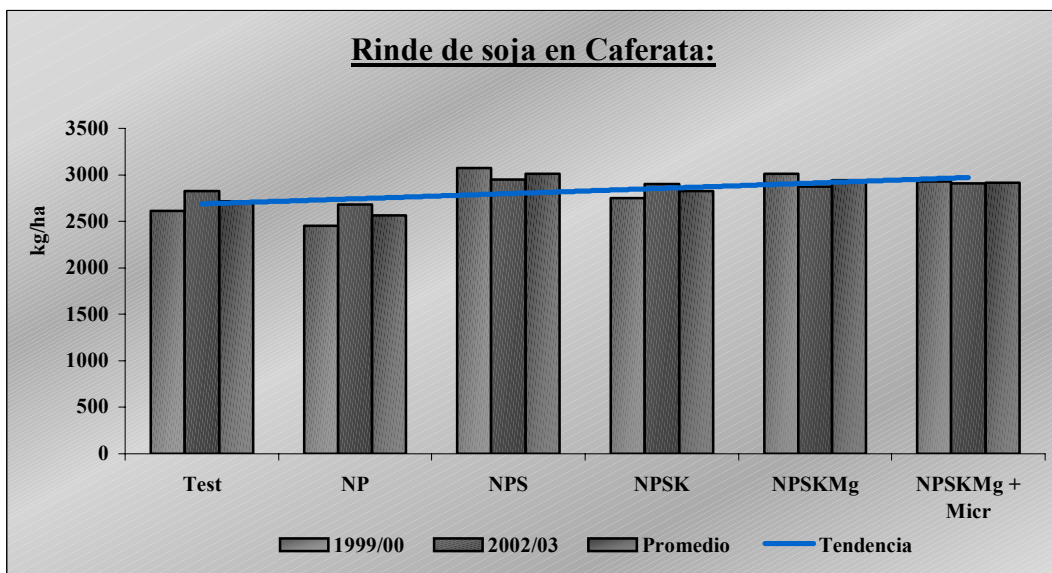


Gráfico 14.

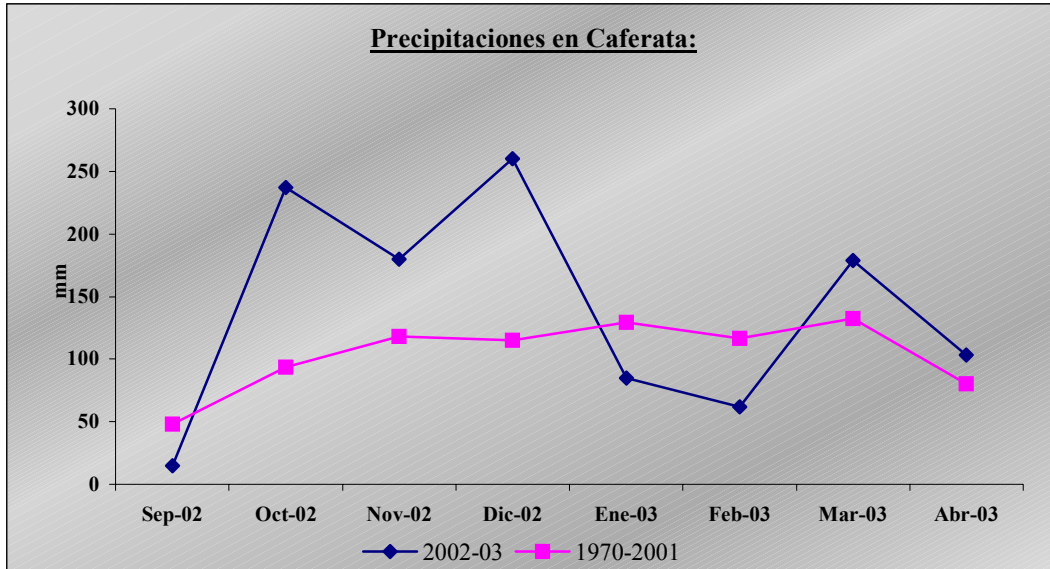


Gráfico 15.

Paraná:

En la EEA INTA Paraná se vienen realizando estos ensayos desde la campaña 2000/01.

En el último año se condujeron los ensayos correspondientes a los cultivos de trigo y soja de segunda para el cuarto año en la rotación. Los cultivares empleados fueron y para trigo y soja respectivamente.

Los rindes promedio obtenidos para los distintos tratamientos se observan en el gráfico N° 16.

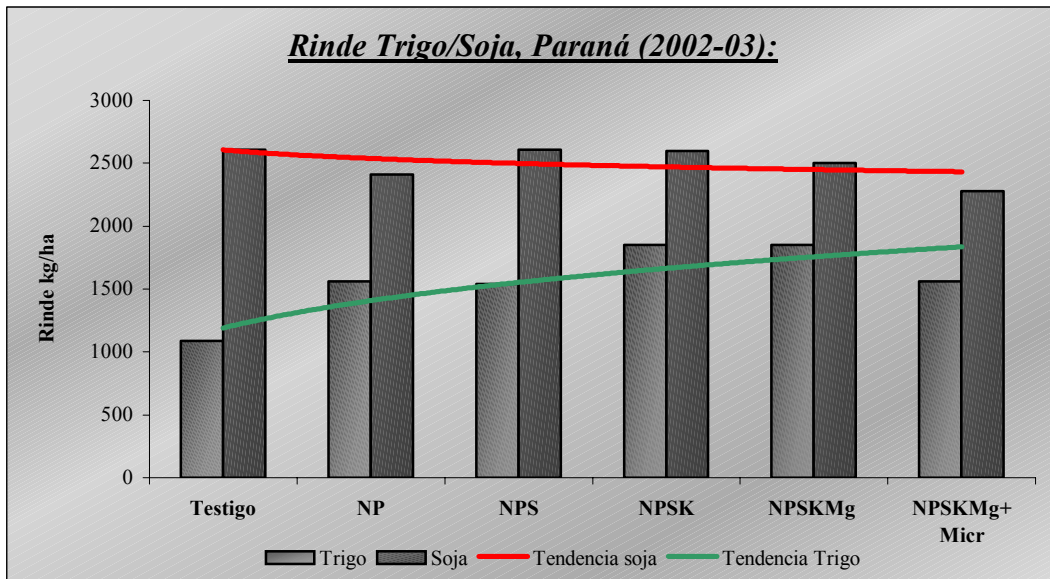


Gráfico 16.

Trigo:

El cultivo de trigo durante la campaña 2002, presentó resultados que concuerdan con los esperados. Los rindes se incrementaron notoriamente con el agregado de nitrógeno y fósforo. No se observaron diferencias con la incorporación de azufre, pero si cuando se adicionó potasio.

En dicho ciclo los promedios mensuales de lluvias compensaron la evapotranspiración (gráfico N° 17), especialmente durante el período de llenado. A pesar de ello los rindes alcanzados se encuentran por debajo del potencial, una de las posibles causas es el alto porcentaje de plantas afectadas por enfermedades de hoja y de espiga.

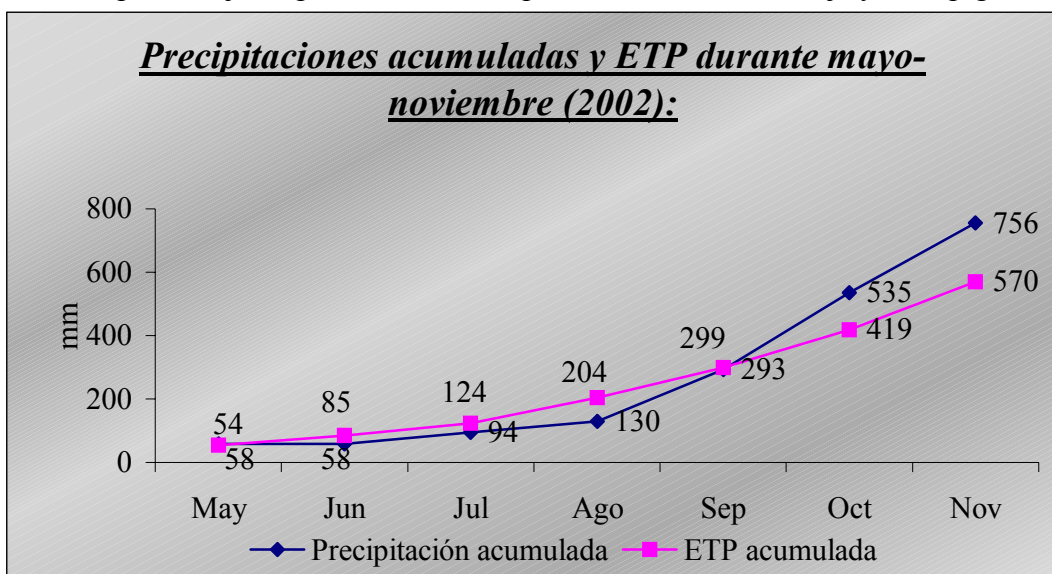


Gráfico 17.

Soja de segunda:

No se presentó respuesta a la fertilización de este cultivo en Paraná.

Al analizar los datos climáticos podemos establecer que las precipitaciones no compensaron el requerimiento atmosférico (gráfico N° 18). Dicho factor incidió sobre los resultados obtenidos.

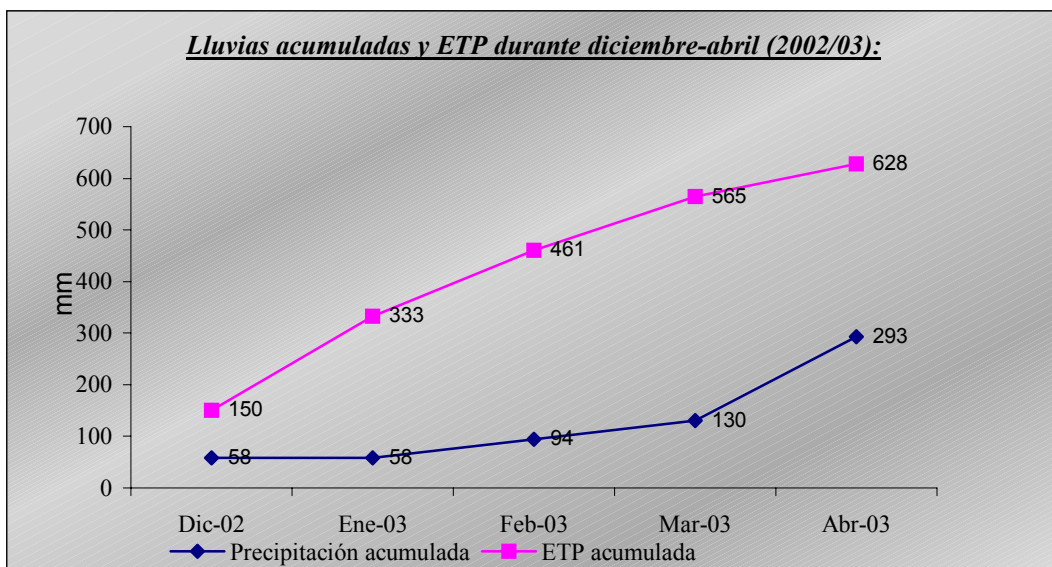


Gráfico 18.

Chaco:

En la localidad de Loro Blanco se esta llevando a cabo los ensayos correspondientes a la provincia del Chaco.

En el gráfico N° 19 se pueden observar los resultados obtenidos para trigo y soja de segunda.

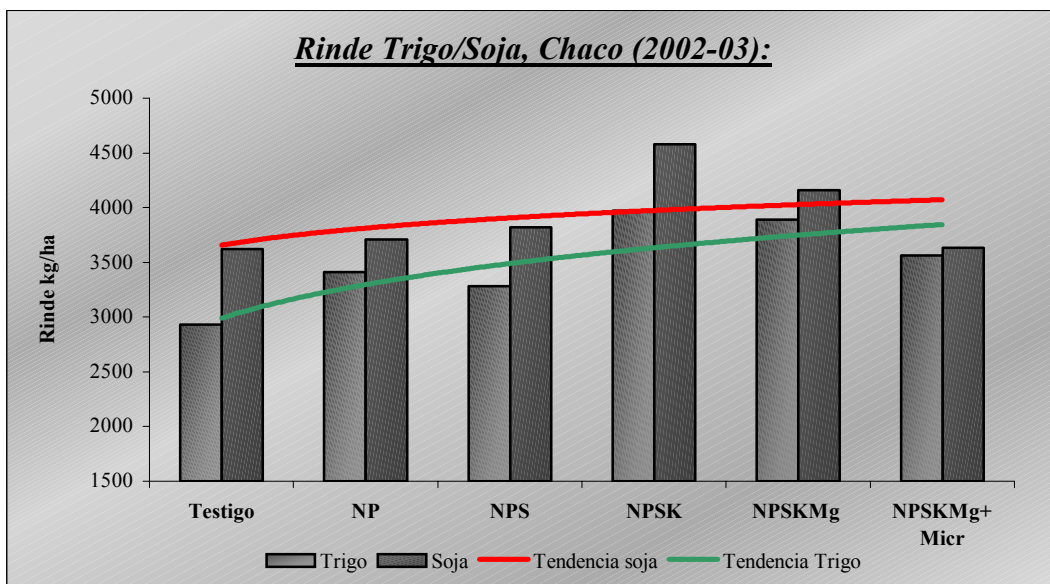


Gráfico 19.

Trigo:

El 25 de octubre se cosecho el ensayo de trigo en el Loro Blanco. Los resultados muestran respuesta al agregado de nitrógeno, fósforo y potasio. No se observaron respuesta al agregado de azufre, magnesio y micronutrientes.

Si bien en mayo, junio, agosto y septiembre las precipitaciones fueron mínimas, el perfil había sido recargado durante marzo y abril y las lluvias de julio permitieron llegar a la época de llenado con adecuada humedad para la zona (ver gráfico N° 20).

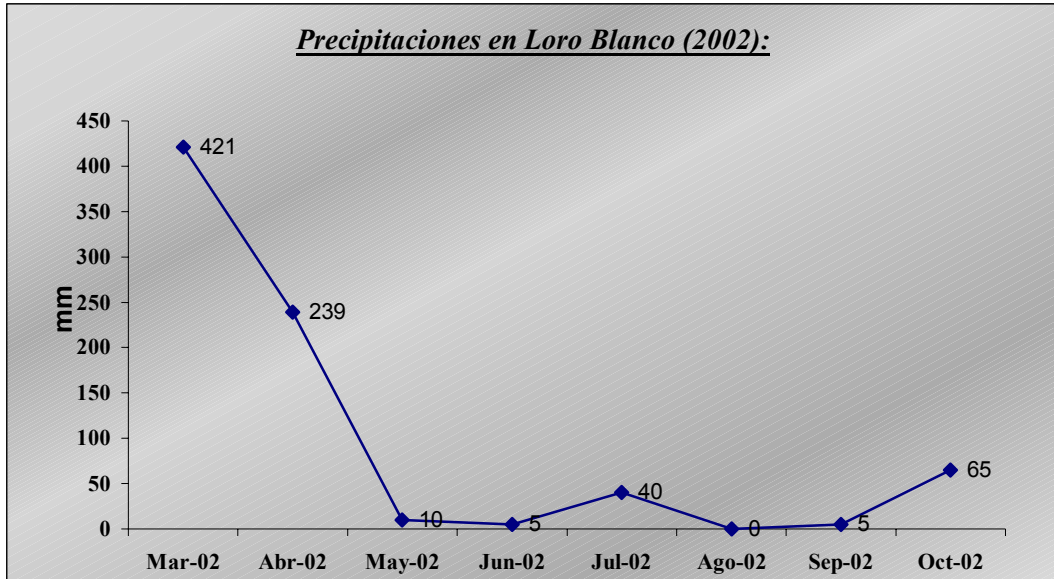


Gráfico 20.

Soja de segunda:

A pesar de los altos rindes no se observaron respuesta consistente al agregado de nutrientes, solo un ensayo presentó un incremento considerable con respecto al testigo.

Las precipitaciones registradas durante el ciclo se pueden apreciar en el gráfico N° 21.

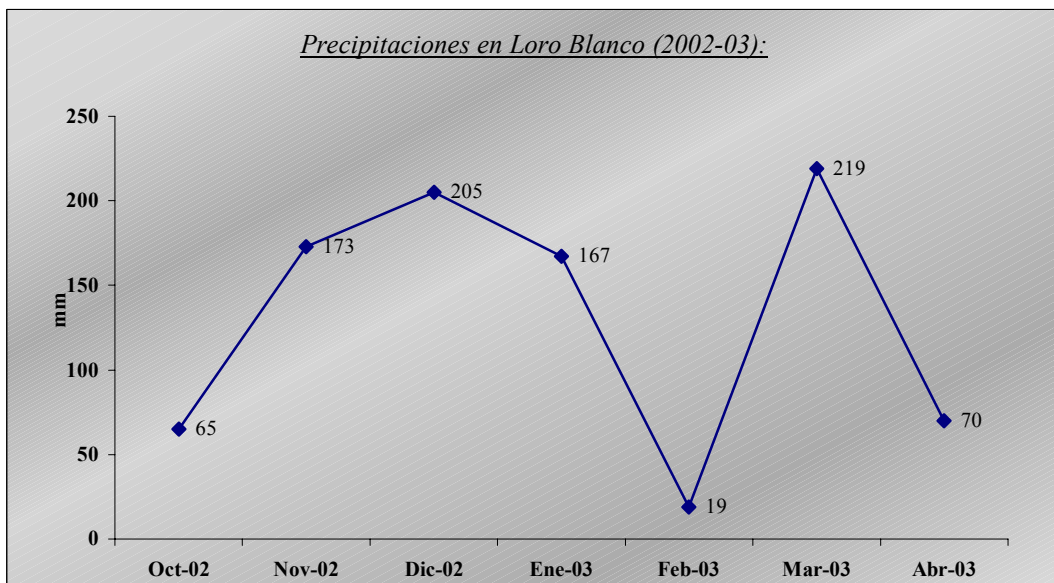


Gráfico 21.

Tandil:

Representa el sitio mas austral de la red de ensayos de AAPRESID-INPOFOS, presente en la misma desde la campaña 2000/01.

Los resultados de trigo y soja se pueden apreciar en los grafico N° 22 y 24.

Trigo:

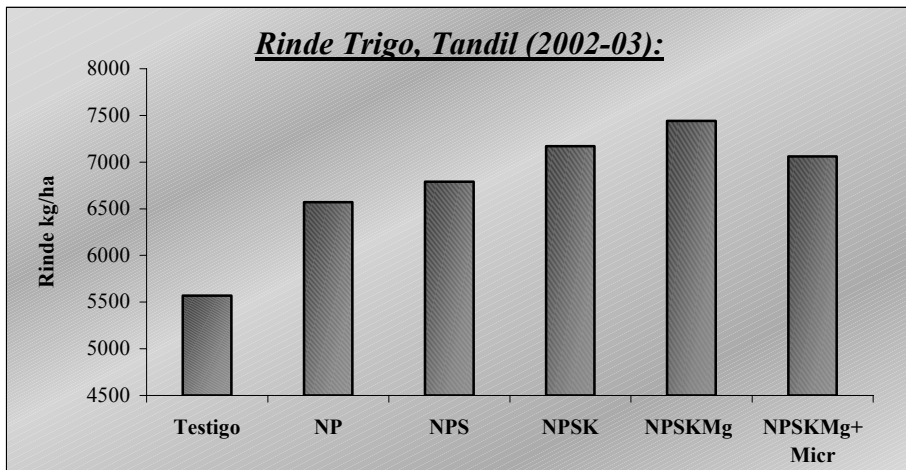


Gráfico 22.

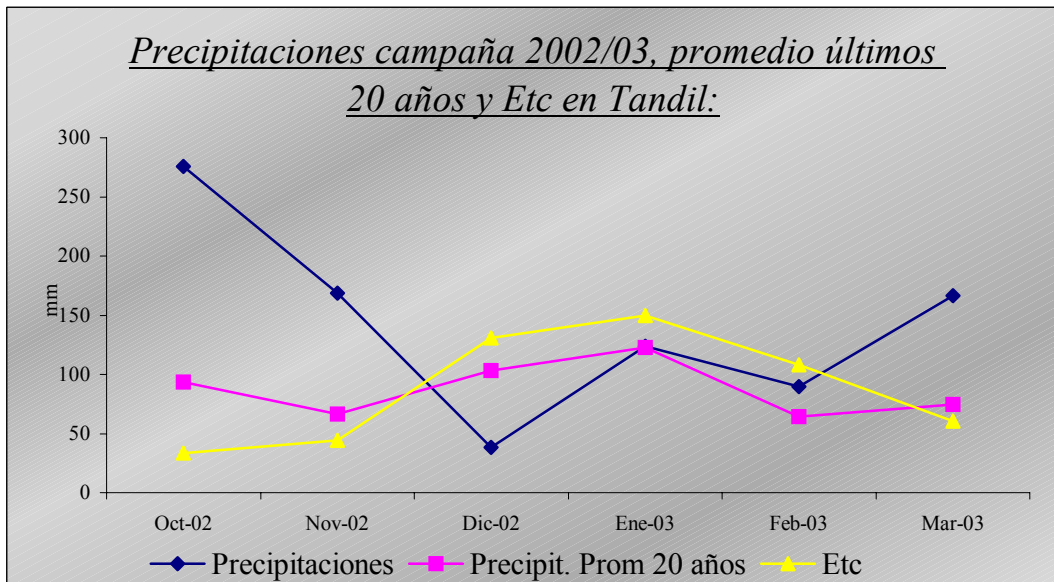


Gráfico 23.

Soja:

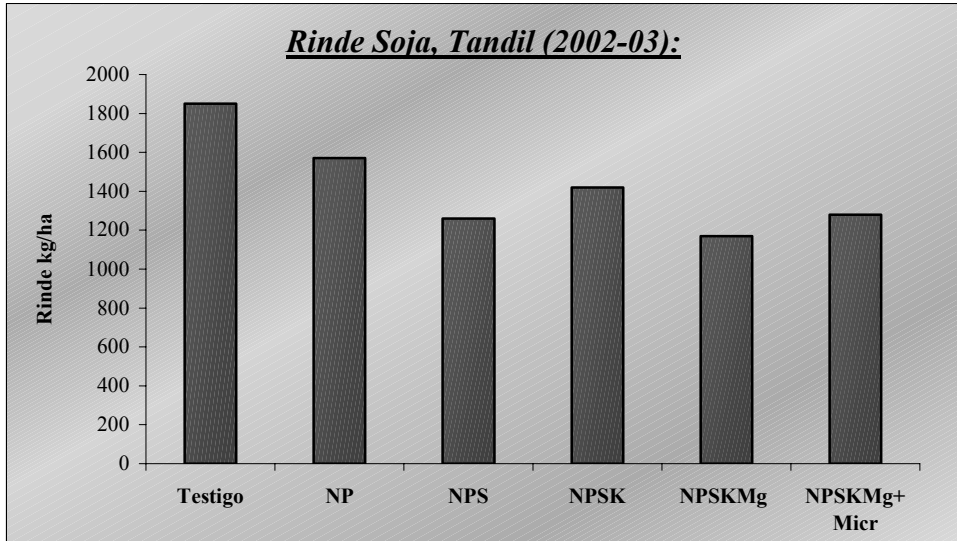


Gráfico 24.

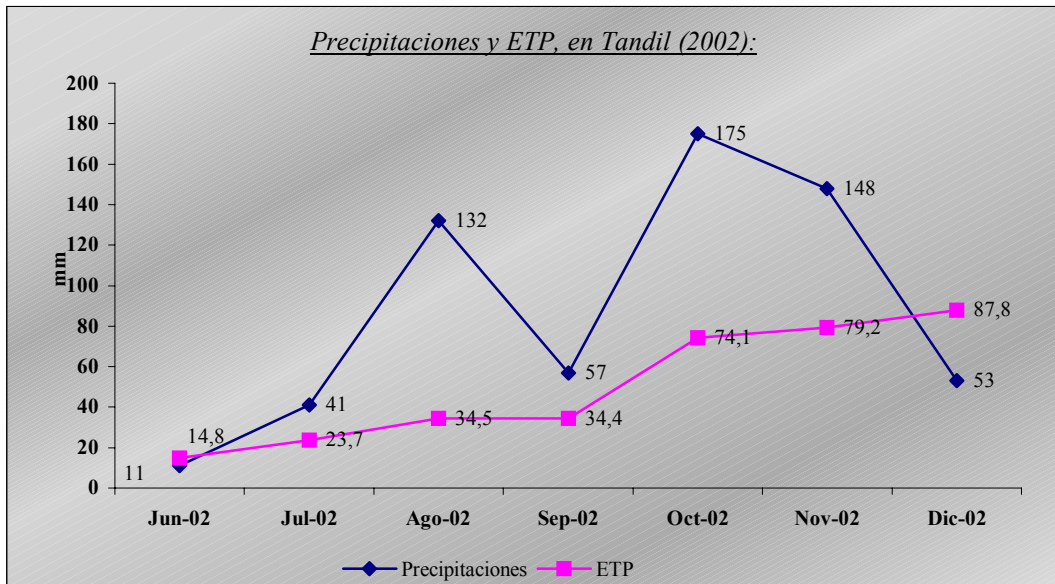


Gráfico 25.

Trenque Lauquen:

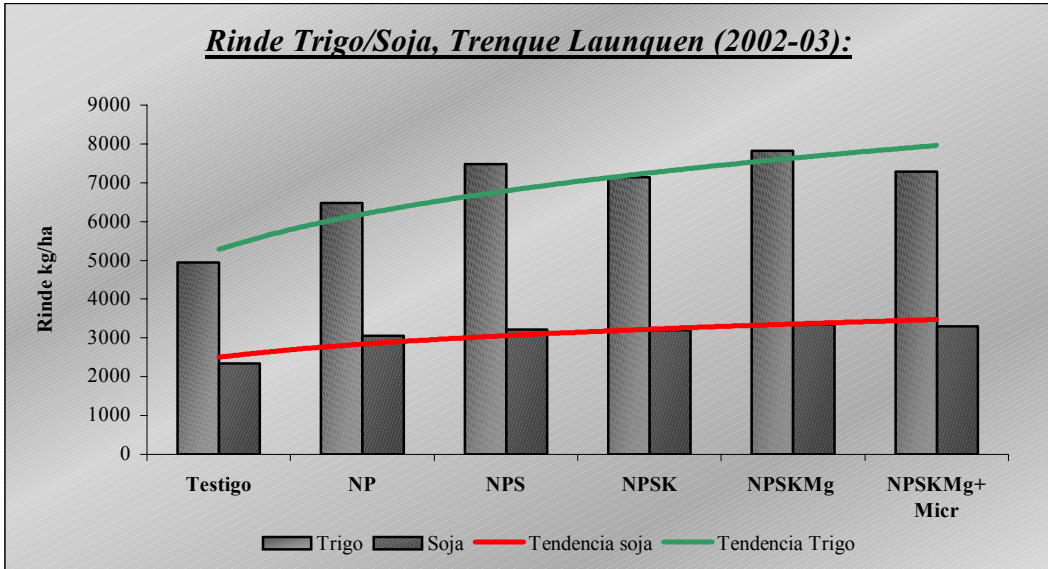


Gráfico 26.

María Teresa:

En los resultados obtenidos en la localidad de María Teresa se observó respuesta al agregado de nitrógeno, fósforo y potasio. No se encontraron incrementos en el rendimiento con azufre, magnesio y microelementos. Ver gráfico N° 27.

El gráfico N° 28 muestra las precipitaciones registradas durante el ciclo del cultivo.

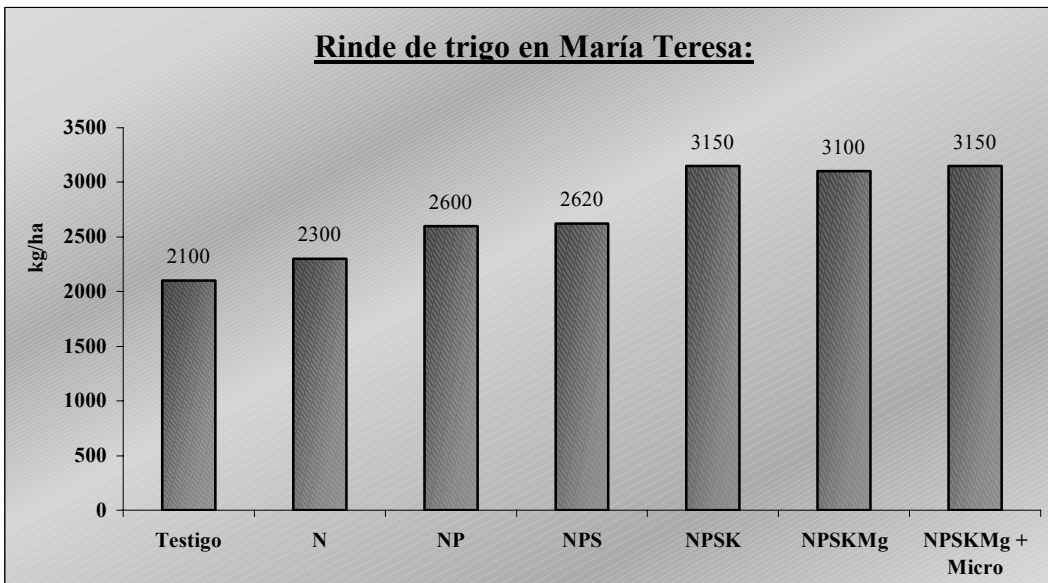


Gráfico 27.

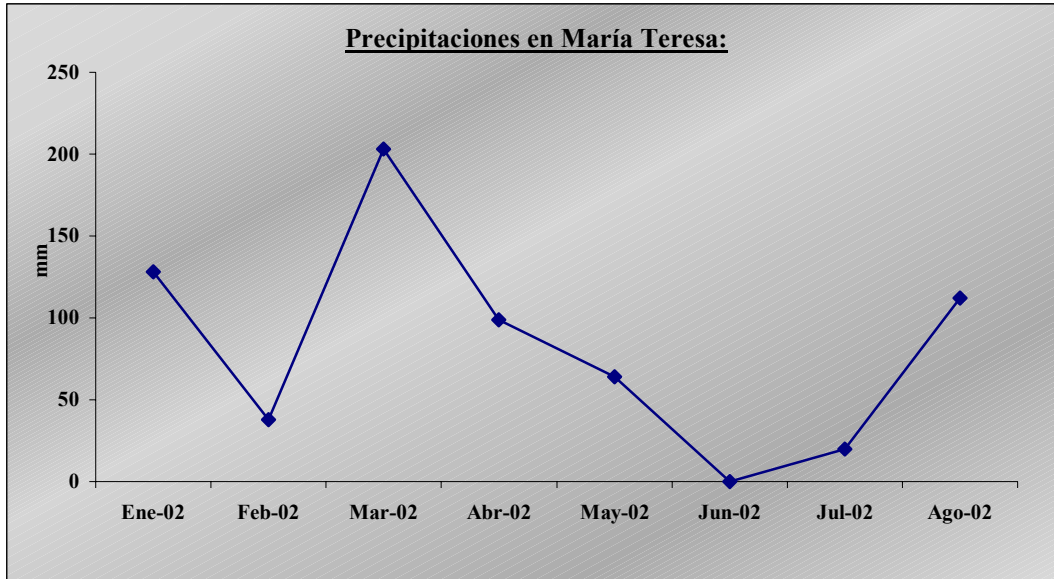


Gráfico 28.

Noetinger:

Sobre parcelas de 3.1 m por 640 m, con dos repeticiones por tratamiento, se realizaron los ensayos correspondientes a la localidad de Noetinger.

En el gráfico N° 29, se presentan los resultados promedios de los distintos tratamientos. En todos se encontró respuesta a nitrógeno y fósforo, no hallándose incremento con azufre ni el resto de los nutrientes. La respuesta a potasio se presentó inconsistente en los distintos tratamientos.

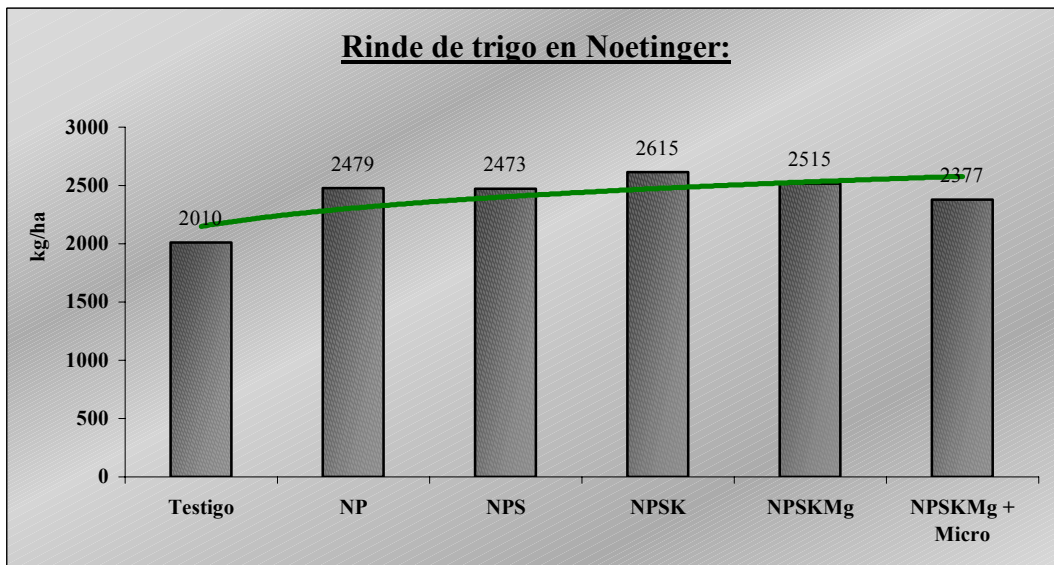


Gráfico 29.

Si bien durante mayo y julio no se registraron precipitaciones, las lluvias ocurridas durante el ciclo del cultivo superaron el promedio de los últimos cinco años (gráfico N° 30).

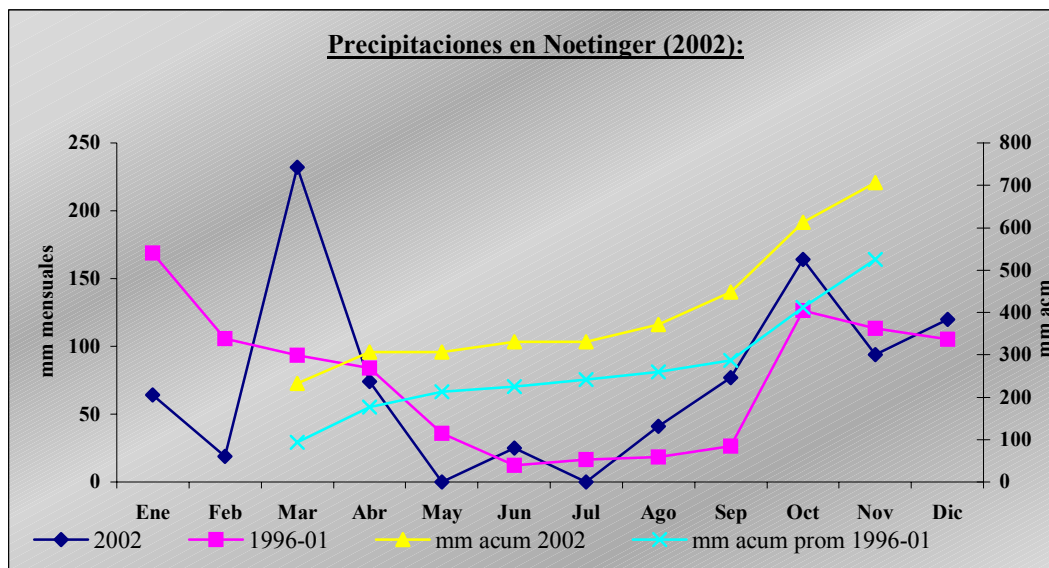


Gráfico 30.

Rendimiento de trigo:

Los rindes de los tratamientos testigos variaron entre los 1090 kg/ha (Paraná) a 5570 kg/ha (Tandil). Los menores rendimientos para todos los tratamientos se registraron en el sitio de Paraná, mientras que los mayores en la localidad de Tandil.

La mayor respuesta al agregado de fertilizantes se obtuvo con nitrógeno y fósforo en forma conjunta, 798 kg/ha en promedio. Dentro de los sitios, en Trenque Lauquen se presenta la mayor respuesta al agregado de nitrógeno y fósforo, con 1334 kg/ha, mientras que la menor se observó en Paraná con 470 kg/ha. A partir de aquí el agregado de nuevos nutrientes generó menores respuestas.

El azufre generó un incremento promedio de 247 kg/ha sobre lotes parcelas bien provistas de nitrógeno y fósforo. Dentro de los sitios se destacó Trenque Lauquen con 889 kg/ha.

En parcelas bien provistas de nitrógeno, fósforo y azufre, el agregado de potasio originó en promedio incrementos promedios de 136 kg/ha, sin embargo presentó más variaciones por sitio que el azufre. En la localidad del Loro blanco (Chaco) se logró la mayor respuesta al agregado de este elemento con 560 kg/ha la parcela bien provista de nitrógeno y fósforo.

El magnesio generó en promedio 103 kg de respuesta sobre los tratamientos anteriores, pero las oscilaciones fueron aún mayores. Nuevamente el sitio del Loro Blanco registró los mayores incrementos.

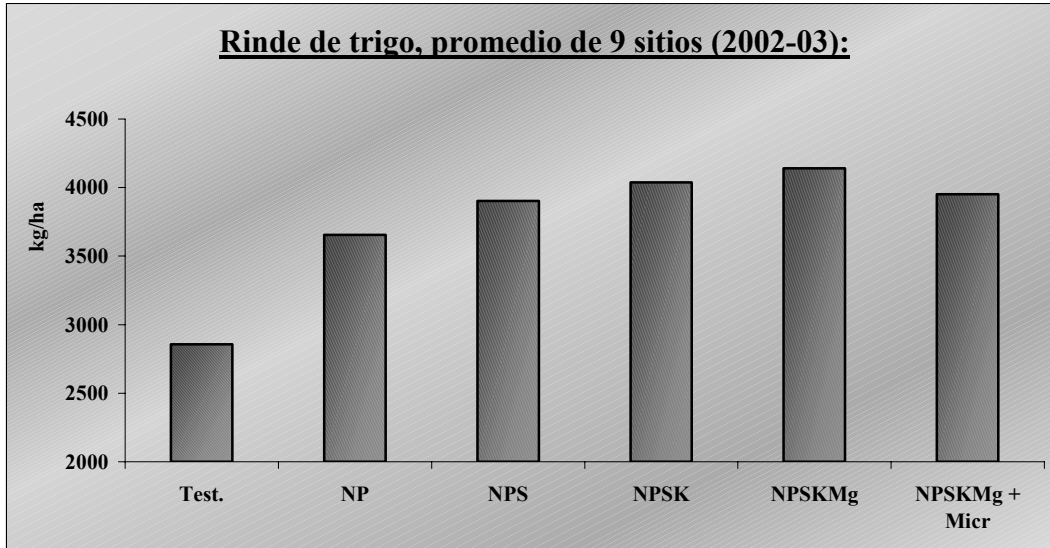


Gráfico 31.

De los sitios del ensayo, 3 comenzaron en la campaña 1999/00. En ellos este es el segundo ciclo de trigo que se realiza. Si analizamos lo ocurrido en la campaña 1999/00 (ver gráfico N° 32) podemos concluir en:

- Los rendimientos de la última campaña fueron menores, a pesar de las mayores precipitaciones durante el ciclo.
- Las mayores respuestas se obtuvieron con nitrógeno y fósforo.
- En menor medida existió respuesta al agregado de azufre.
- Los mayores incrementos en promedio para las dos campañas se observaron en Los Surgentes con 1390 kg para el nitrógeno y fósforo y 360 kg para el azufre.
- Las menores respuestas se observaron en Monte Buey con 715 kg extras al agregar fósforo y nitrógeno y 150 kg al incorporar azufre.

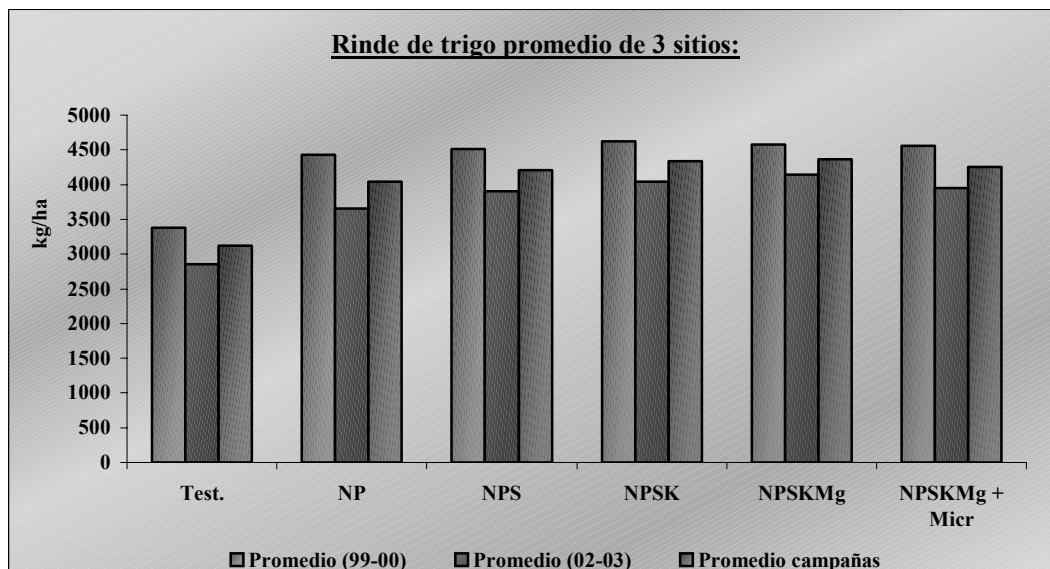


Gráfico 32.

Rendimiento de soja de segunda:

Los rendimientos de los tratamientos testigos variaron entre los 3620 kg/ha y los 1850 kg/ha para las localidades de Lora Blanco y Tandil respectivamente. Estas localidades presentaron los rindes máximos y mínimos para el resto de los tratamientos.

De acuerdo a lo observado en el gráfico N° 33 no se observa un patrón definido en cuanto al agregado de nutrientes, a pesar de ello podemos concluir que:

- No se presentó respuesta, en promedio, al agregado de nitrógeno, fósforo y micronutrientes.
- El agregado de azufre generó en promedio 186 kg de respuesta en lotes bien provistos de fósforo y nitrógeno, con un máximo de 540 kg/ha en la localidad de Los Sargentos.
- El potasio presentó respuesta errática en las distintas zonas. La máxima respuesta la ubicamos en la localidad del Loro Blanco.
- La localidad de Trenque Lauquen presentó 700 kg de respuesta al agregado de nitrógeno y fósforo sobre un testigo de 2350 kg/ha.

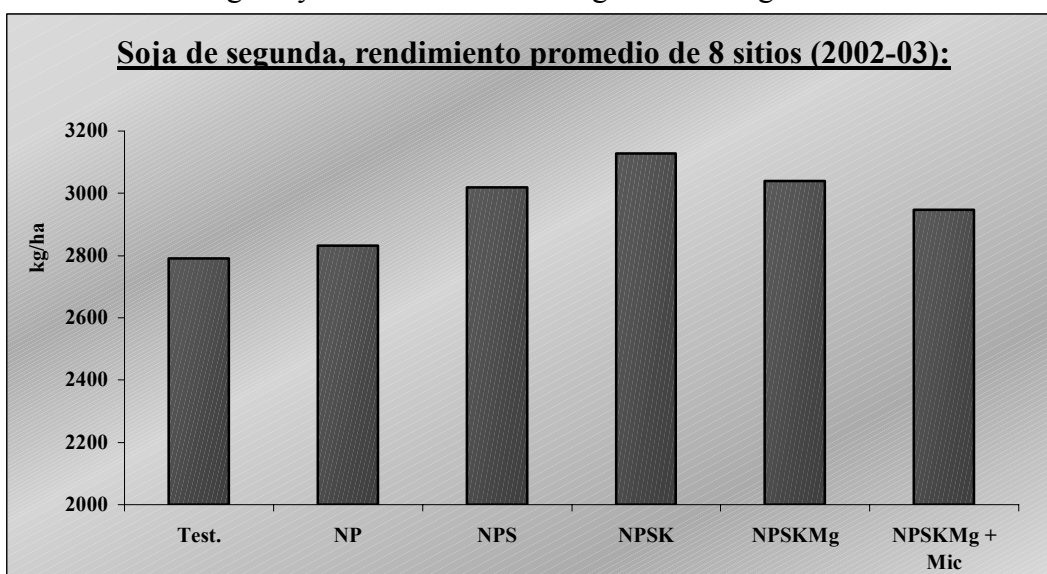


Gráfico 33.

Existen tres sitios que presentaron dos campañas con soja de segunda. Los resultados se pueden apreciar en el gráfico N° 34. De acuerdo a ello se puede destacar:

- Mayores rindes promedios para todos los tratamientos en la última campaña, por buena recarga hídrica del perfil en todas las zonas.
- Clara respuesta al agregado de azufre, cuando los rendimientos potenciales se incrementan.
- Escasa respuesta al agregado de potasio, magnesio y micronutrientes.
- Los rindes en las parcelas con nitrógeno y fósforo únicamente fueron los de menores rendimientos.

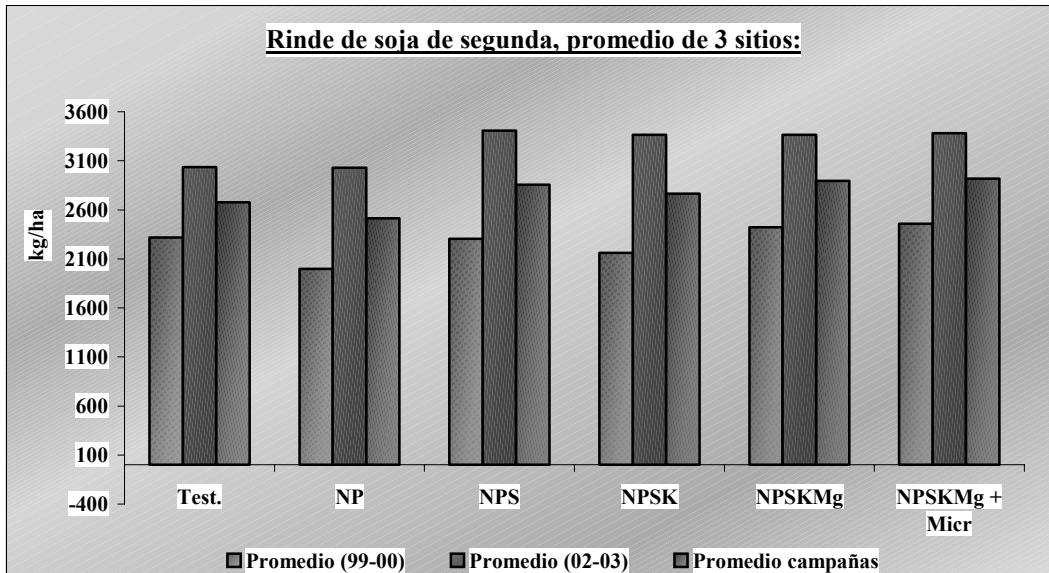


Gráfico 34.

Consideraciones finales:

- Es posible generar aumentos importantes en la producción de trigo mediante la fertilización balanceada.
- Lotes que presentaron respuesta al agregado de fertilizantes en trigo, no necesariamente lo hicieron en soja.
- Los nutrientes que impactaron más fuertemente en la producción de trigo fueron nitrógeno y fósforo, luego le siguió azufre.
- Bajo estas condiciones, el azufre fue el elemento que generó, en promedio, mayores respuestas en soja, en esta campaña.
- Se presentan leves tendencias de respuesta a elementos tradicionalmente no limitantes en lotes de alta producción (potasio).
- Es necesario la realización de ensayos sistemáticos para identificar con mayor precisión los efectos individuales de cada nutriente y su combinación.
- Se debe incrementar el número de experiencias para poder extraer conclusiones por sitio con mayor precisión.