

Fertilización con Nitrógeno, Fósforo, Azufre y Micronutrientes en la Secuencia Trigo - Soja

Guillermo R. Gerster y Oscar Novello

La agricultura intensiva realizada en los últimos 30 años en la región pampeana, con un claro predominio del monocultivo de soja, está generando serios problemas de degradación química y física de los suelos (Andriulo et al., 1996). El uso de cultivares de mayor potencial asociados a la difusión de materiales transgénicos, con un planteo de la fertilización con dosis limitadas de nutrientes con el objetivo de reducir costos de producción, en lugar de mejorar el balance de los nutrientes en el suelo, agravaron el problema al provocar un mayor consumo de los mismos debido a un incremento constante de los rendimientos.

La fertilización en estos sistemas de producción nunca fue suficiente para reponer los niveles extraídos, generando en consecuencia una creciente respuesta a la fertilización con azufre (S) y fósforo (P) (Martínez y Cordone, 1998) en trigo/soja, y a la aplicación de nitrógeno (N) en trigo. Resultados obtenidos en el sur de Santa Fe (Gerster, 2000; Cordone y Martínez, 2001), en ensayos de fertilización fosfatada y azufrada aplicados al trigo, mostraron respuestas no sólo en este cultivo sino también en soja de segunda, sugiriendo que la estrategia de fertilización con estos nutrientes debería analizarse para toda la secuencia y no en cada cultivo, alternativa que brindaría ventajas operativas y económicas.

En este trabajo se analizan los resultados obtenidos en dos ensayos de Trigo/Soja, localizados en el área de influencia de la AER INTA Cañada de Gómez. Los sitios seleccionados para la instalación de los mismos representan los suelos predominantes en dicha área. Los objetivos fueron los siguientes:

1. Evaluar residualidad de fósforo y azufre de trigo a soja de segunda versus aplicaciones directas a soja de segunda.
2. Evaluar la respuesta a la fertilización fosfatada, nitrogenada y azufrada en Trigo/Soja.

Materiales y Métodos

Los ensayos se condujeron en las campañas 2001/02, y 2002/03. Las características de ambos sitios se describen en la Tabla 1. En cada sitio se realizaron análisis de suelos a 0-20, 20-40 y 40-60 cm de profundidad, con una intensidad de muestreo a nivel de repetición (Tabla 2). Además se determinó la disponibilidad de agua a la siembra hasta el metro de profundidad.

En el Tabla 3 se exponen las prácticas de manejo que se realizaron en los cultivos de trigo y soja. Los ensayos se mantuvieron libres de insectos y malezas. Los tratamientos surgieron de la combinación de P y S con dos estrategias de aplicación del fertilizante (Tabla 4):

1. Según la demanda de la secuencia, fertilizando a la siembra del trigo.
2. Según la demanda de cada cultivo, aplicando a la siembra de cada uno de ellos.

Se incorporó un tratamiento que además incluyó potasio (K), magnesio (Mg), boro (B), zinc (Zn) y cobre (Cu). Los tratamientos fueron dispuestos según un diseño de bloques completos aleatorizados con cuatro repeticiones.

Tabla 1: Características de los sitios evaluados

Sitio	Armstrong 2001/02	Villa Eloisa 2002/03
Tipo y serie de suelo	Argiudol acuico Serie Armstrong	Argiudol típico Serie Villa Eloisa
Años de AC	18 años	15 años
Antecesor	Soja	soja

Tabla 2: Resultados de los análisis de suelos (0-20 cm)

Localidad	MO	pH	N-NO3	P-Bray	S-SO4	K	Mg	Ca	Na	Zn	Mn	Cu	Fe	B
	(%)		ppm											
Armstrong	2,41	5,7	12,4	14,3	8	557	324	1903	28,5	0,31	29,1	1,26	43,1	0,29
V.Eloisa	2,39	6,0	9,7	11,0	9,8	531	304	2259	32	0,31	30,6	1,74	40,50	0,67

Tabla 3: Características del manejo de los cultivos de trigo y soja 2°

Sitio	Armstrong 2001/02	Villa Eloisa 2002/03
Trigo		
Barbecho químico	Glifosato 2 lts/ha + metsulfurón 60% 6 grs/ha	Glifosato 2 lts/ha + metsulfurón 60% 7 grs/ha
Fecha siembra	27/06/2001	20/06/2002
Variedad	Klein Don Enrique	Klein Don Enrique
Distancia entre líneas siembra	23 cm	19.2 cm
Funguicidas	--	Amistar 250 cc/ha (06/10/2002)
Sistema siembra	Siembra directa	Siembra directa
Soja 2da		
Fecha siembra	25/11/2001	27/11/2002
Variedad	Don Mario 4800	Don Mario 4800
Distancia entre líneas	70 cm	70 cm
Sistema de siembra	Siembra Directa	Siembra Directa

Tabla 4: Tratamientos de fertilización aplicados en los cultivos de trigo y soja

Tratamientos	Dosis de nutrientes (kg/ha)					
	Aplicados al Trigo			Aplicados a la Soja		
	N	P	S	P	S	
1	Testigo	0	0	0	0	0
2	N para trigo	55	0	0	0	0
3	NP para la secuencia trigo/soja	55	30	0	0	0
4	NP para trigo + P para soja	55	13	0	17	0
5	PS para la secuencia trigo/soja	0	30	20	0	0
6	PS para trigo + PS para soja	0	13	8	17	12
7	NS la secuencia para trigo/soja	55	0	20	0	0
8	NS para trigo + S para soja	55	0	8	0	12
9	NPS la secuencia para trigo /soja	55	30	20	0	0
10	NPS para trigo + PS para soja	55	13	8	17	12
11	Completo (NPS + K + Mg + Cu + B + Zn) para la secuencia trigo /soja	55	30	20	0	0

Resultados

En la Tabla 5 se presentan los rendimientos obtenidos en trigo y soja para los dos sitios evaluados. El análisis de la información se realizó teniendo en cuenta:

- 1- Momento de aplicación de nutrientes.
- 2- Respuesta a los distintos nutrientes y sus combinaciones evaluadas.
- 3- Efecto de la fertilización sobre el contenido de proteína en trigo y el número de nódulos en soja.

Tabla 5: Rendimientos de trigo y soja por localidad y por tratamiento

Tratamientos	Trigo		Soja 2da	
	Armstrong	Villa Eloisa	Armstrong	Villa Eloisa
Testigo	1178 e	1860 de	2331 c	3412 cd
N para trigo	1656 d	1770 e	2482 bc	3317 d
NP secuencia trigo /soja	2131 ab	2543 ab	2545 bc	3491 c
NP para trigo + P para soja	1735 cd	2427 ab	2657 b	3485 c
PS secuencia trigo /soja	1953 abcd	2430 ab	3130 a	3681 b
PS para trigo + PS para soja	1964 abcd	2504 ab	3199 a	3809 ab
NS secuencia para trigo soja	1842 bcd	2068 c	3186 a	3801 ab
NS para trigo + S para soja	2085 ab	2018 cd	3107 a	3900 a
NPS la secuencia para trigo /soja	2192 a	2432 b	3099 a	3839 a
NPS para trigo + PS para soja	1992 abc	2382 b	3256 a	3792 ab
Completo (NPS + K + Mg + Cu + B + Zn)	2249 a	2618 a	3339 a	3840 a
Promedio	1907	2277	2939	3669

1. Momento de aplicación de nutrientes:

Se compararon los resultados obtenidos entre los tratamientos de aplicaciones a la siembra de cada cultivo de P y P+S versus aplicaciones a la siembra de trigo según la demanda de la secuencia (Fig. 1 y 2). No se observaron diferencias entre las aplicaciones divididas de P y P + S a siembra de trigo y de soja por sobre las aplicaciones a siembra de trigo para cubrir los requerimientos del doble cultivo. En el sitio Armstrong, la dosis de P para el doble cultivo (30 kg/ha P) obtuvo un mejor comportamiento que la dosis simple para trigo (13 kg/ha P), la cual fue calculada para cubrir los requerimientos de un trigo de 35 qq/ha. En este lote se observó la presencia de impedimentos físicos en el perfil que podría haber limitado el desarrollo radical del cultivo y, por ende, la absorción de P por las plantas.

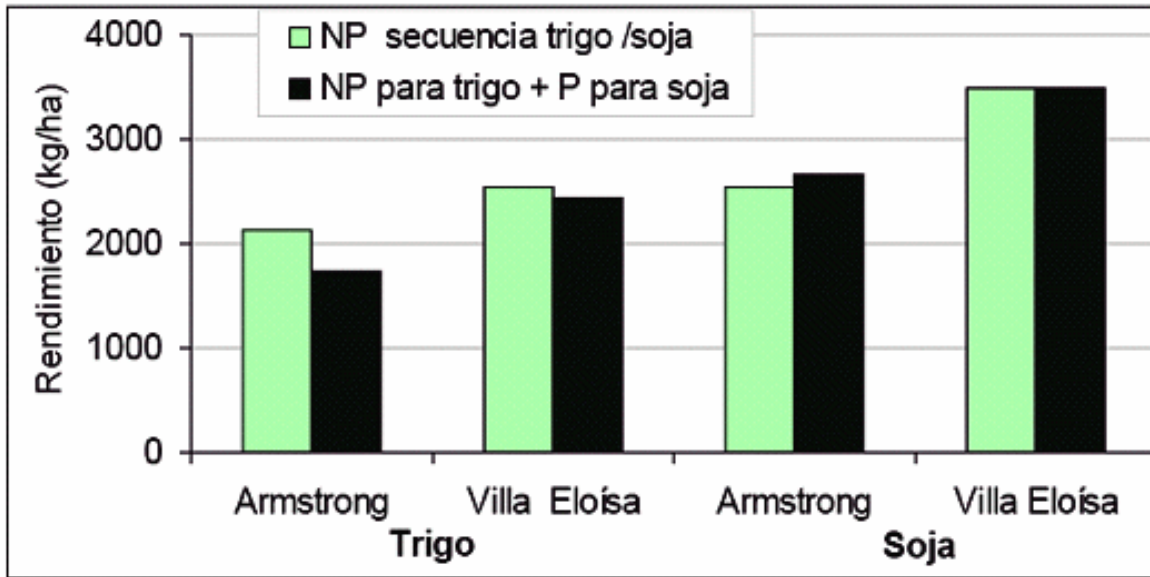


Fig. 1. Rendimientos de trigo y soja según el momento de aplicación de P. Todos los tratamientos recibieron 55 kg/ha de N a la siembra de trigo.

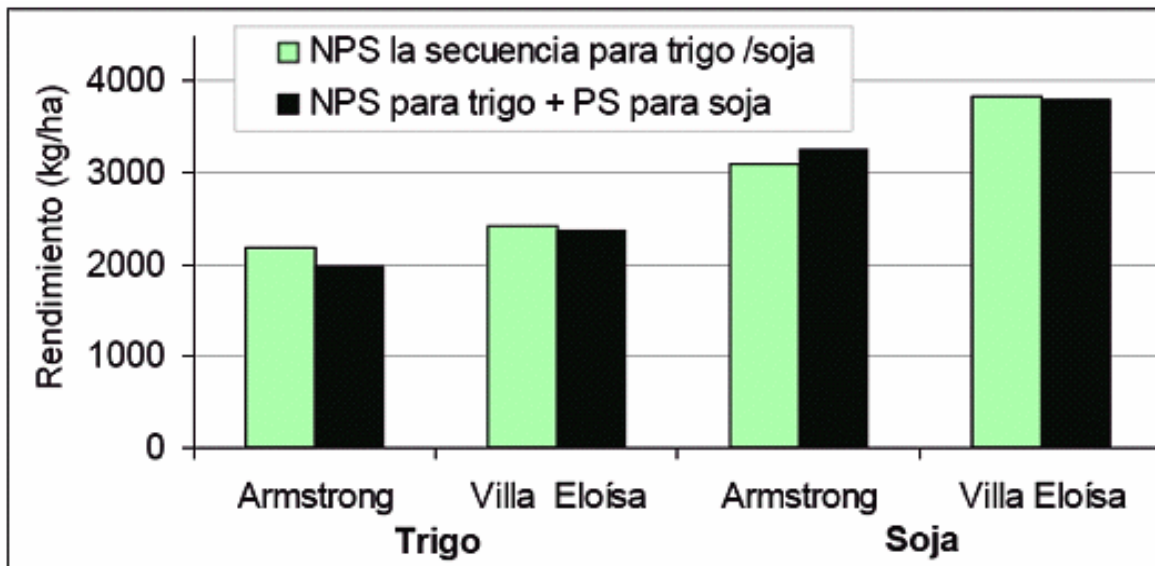


Fig. 2. Rendimientos de trigo y soja según el momento de aplicación de P+S. Todos los tratamientos recibieron 55 kg/ha de N a la siembra de trigo.

2- Respuesta a los distintos nutrientes y sus combinaciones evaluadas:
 En las Fig. 3 y 4 se presentan las respuestas obtenidas en los diferentes tratamientos. El componente de rendimiento que mejor ajustó con el rendimiento en ambos cultivos fue el número de granos por unidad de superficie.

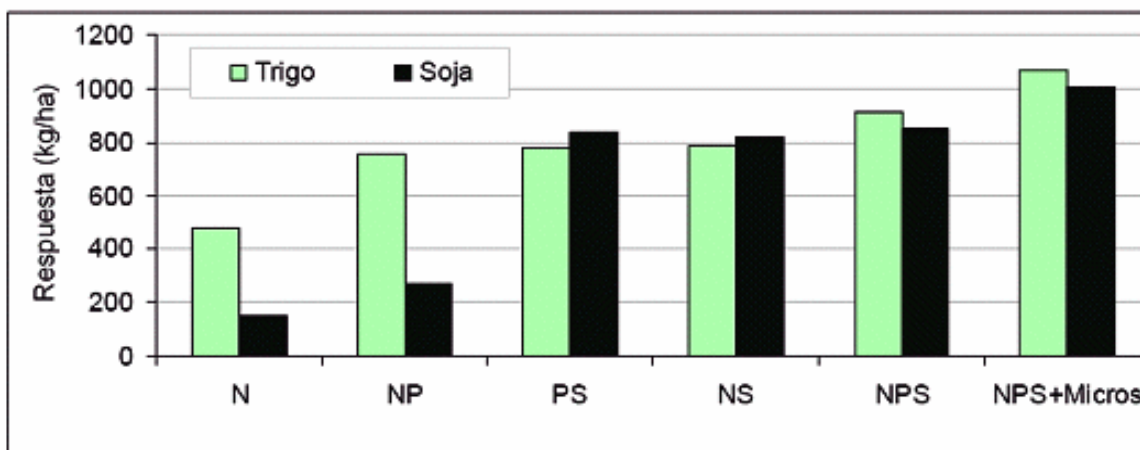


Fig. 3. Respuestas en rendimiento de trigo y soja a la aplicación de N, NP, PS, NS, NPS y NPS+Micros. Sitio Armstrong 2001/02.

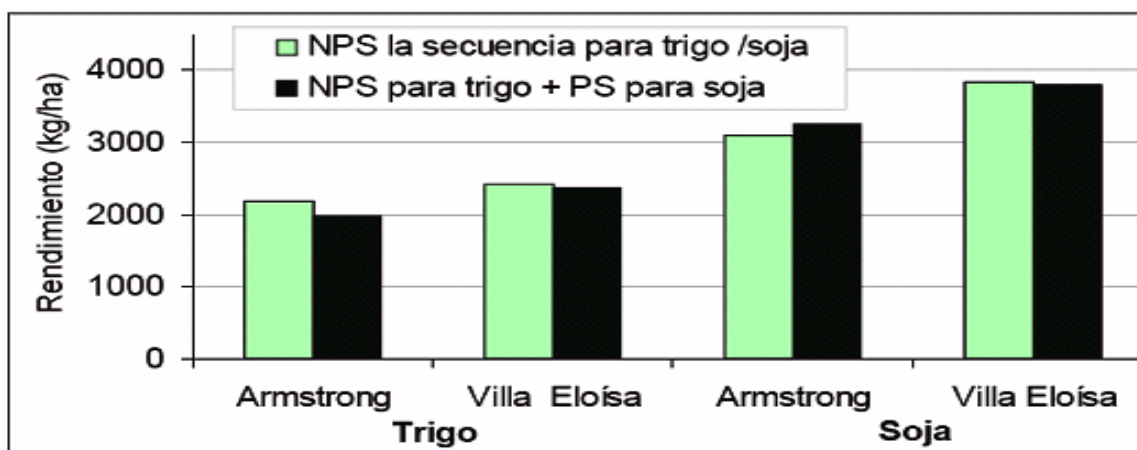


Fig. 4. Respuestas en rendimiento de trigo y soja a la aplicación de N, NP, PS, NS, NPS y NPS+Micros. Sitio Villa Eloisa 2002/03.

A) Respuesta a N en trigo:

En el sitio Armstrong se observó respuesta significativa al agregado de N en trigo. En cambio, en el sitio Villa Eloisa no hubo respuesta al agregado de N como único nutriente; la menor disponibilidad de P en este ensayo podría haber limitado esta respuesta. En ambas localidades los análisis de suelo presentaron valores limitantes para este nutriente, asociados a pobres contenidos en materia orgánica.

B) Respuesta a P en trigo/soja:

Para este análisis se consideraron aquellos tratamientos que recibieron fertilización nitrogenada. La respuesta a fósforo se calculó como el promedio de los tratamientos (NPS – NS) y (NP – N). La respuesta promedio en trigo de los dos sitios fue de 369 kg ha⁻¹. La máxima respuesta se registró en Villa Eloisa (534 kg ha⁻¹) con un contenido medio de P disponible en los primeros 20 cm de 11 ppm (Fig. 5). En el cultivo de soja de 2^a no se observaron respuestas significativas al agregado de P.

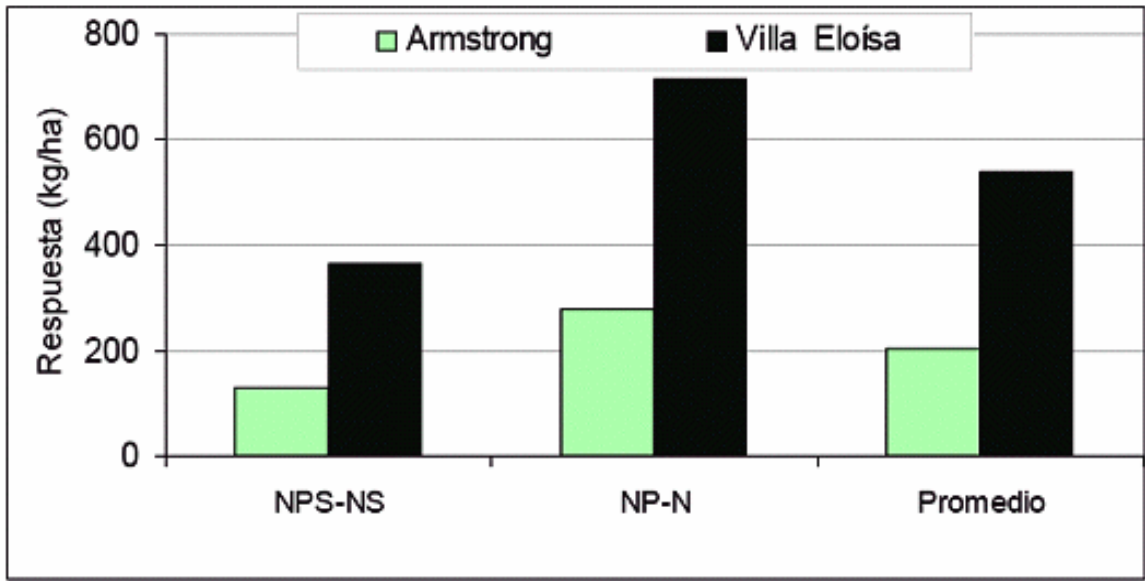


Fig. 5. Respuestas a P en trigo en Armstrong 2001/02 y Villa Eloísa 2002/03.

C) Respuesta a S en trigo/soja:

El análisis se realizó sobre la respuesta a S se calculó como promedio de las diferencias entre los tratamientos (NPS – NP) y (NS – N). En el cultivo de trigo, la respuesta promedio en el sitio Armstrong fue de 233 kg ha⁻¹. En Villa Eloísa no se observaron respuestas significativas en trigo al agregado de S. En soja de 2^a, se observaron respuestas significativas en ambos sitios, de 620 kg ha⁻¹ en Armstrong y de 430 kg ha⁻¹ en Villa Eloísa (Fig. 6).

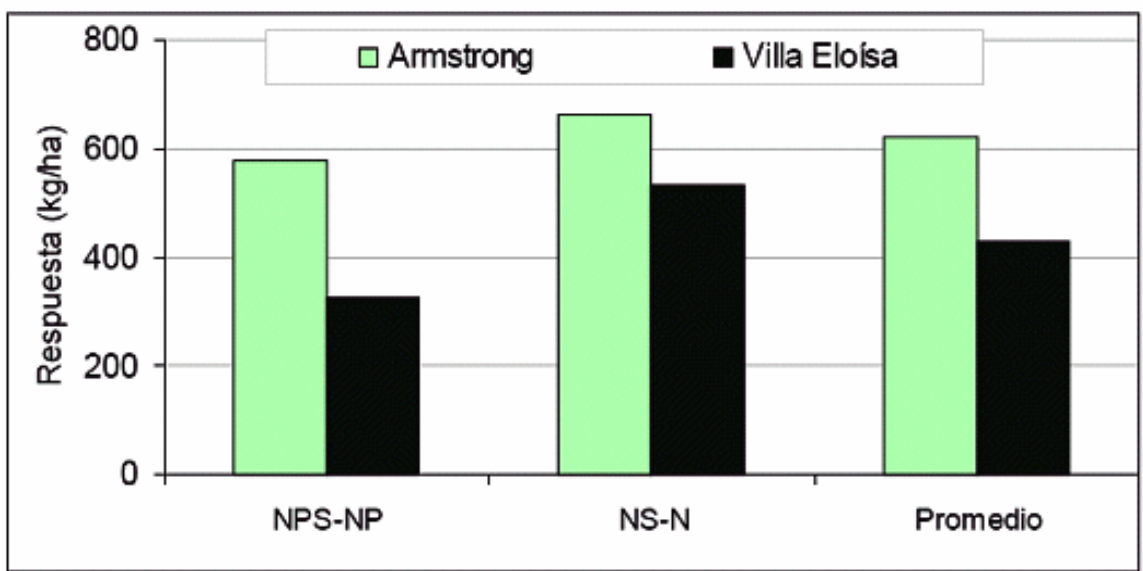


Fig. 6. Respuestas a S en soja en Armstrong 2001/02 y Villa Eloísa 2002/03.

D) Respuesta a micronutrientes en trigo:

Se observaron respuestas al agregado de micronutrientes solamente en trigo en el sitio Villa Eloisa.

3- Efecto de la fertilización sobre el contenido de proteína en trigo y el número de nódulos en soja:

Los tratamientos con NP presentaron los valores más altos de proteína en grano (Fig.7). Los valores de peso hectolítrico fueron similares en todos los tratamientos. En cuanto al número de nódulos en soja 2º, se observó que los tratamientos que incluyen S presentaron un mayor número en raíz principal (Fig. 8).

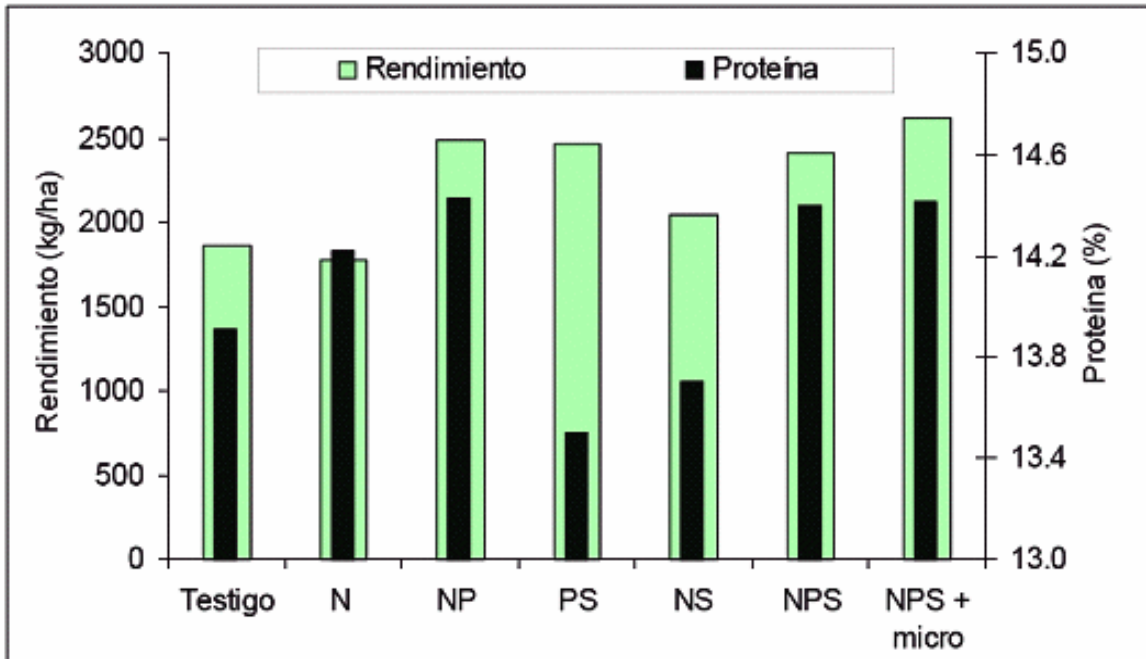


Fig. 7. Contenido de proteína y rendimiento de trigo para distintos tratamientos. Sitio Villa Eloísa 2002/03.

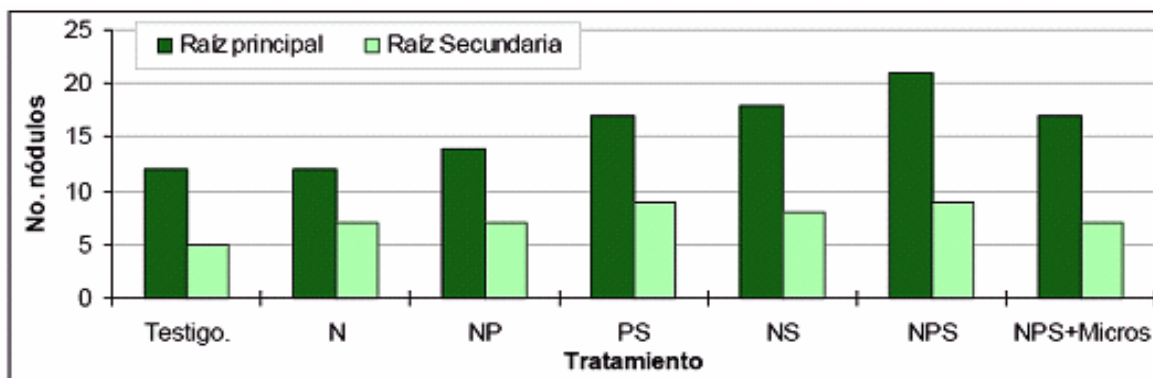


Fig. 8. Número de nódulos en raíces principales y secundarias al estado R3. Los tratamientos se indican según los nutrientes aplicados. Sitio Armstrong 2001/02.

Conclusiones

- No se observaron diferencias significativas entre la aplicación de P y S a la siembra de trigo, para ambos cultivos, versus la aplicación fraccionada a siembra de trigo y siembra de soja.

- El cultivo de trigo presentó respuestas significativas a la fertilización fosforada en ambos sitios. En cambio, el cultivo de soja respondió significativamente a la fertilización azufrada en los dos sitios.
- En Armstrong se observó respuesta al agregado de N en trigo como único nutriente. En Villa Eloisa, la menor disponibilidad de P en suelo no habría permitido que se manifieste esta respuesta.
- Los tratamientos con NP incrementaron los contenidos de proteína en grano de trigo.
- Los tratamientos que incluyeron S en soja presentaron la mayor cantidad de nódulos en raíz principal.
- Considerando los dos cultivos de la secuencia, la fertilización combinada con NPS o NPS más micro realizada a la siembra de trigo o fraccionada a la siembra de trigo y a la siembra de soja de 2^a, fueron los tratamientos que alcanzaron los mayores rendimientos.

Referencias

Andriulo, A., J. Galantini, F. Abrego y F. Martínez. 1996. Exportación y balance edáfico de nutrientes después de ochenta años de agricultura continua. In: 13^o Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo. Aguas de Lindoia, Sao Paulo, Brasil.

Cordone, G. y Martínez, G. 2001. Efecto de la aplicación de distintas dosis de nitrógeno y azufre sobre el rendimiento del doble cultivo trigo-soja. Para mejorar la producción 18. SOJA. EEA Oliveros INTA

Gerster, G. 2000. Fertilización azufrada en trigo/soja. Para mejorar la producción 15. SOJA. EEA Oliveros INTA.

Martínez, F. y G. Cordone. 1998. Resultados de fertilización azufrada en soja. Para mejorar la producción 8. SOJA. Campaña 1997/98. EEA Oliveros INTA.