

EFFECTOS DE LA FERTILIZACIÓN DE CEBADA SOBRE LA PRODUCTIVIDAD DE LA SECUENCIA CEBADA-SOJA Y CEBADA-MAÍZ EN EL NOROESTE DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES

Ing. Agr. Gustavo Ferraris
Ing. Agr. Lucrecia Couretot
Desarrollo Rural INTA E.E.A. Pergamino

Ing. Agr. Ricardo Falconi
El Ceibo Cereales S.A., Arribeños

Ing. Agr. Flavio H. Gutiérrez Boem
Ing. Agr. Pablo Prystupa
Cátedra de Fertilidad y Fertilizantes, Facultad de Agronomía, U.B.A.

Introducción

El cultivo de cebada cervecera ha despertado un creciente interés en el Centro, medio Oeste y últimamente, el Norte de la provincia de Buenos Aires. La habilidad de Scarlett, la variedad más difundida, para alcanzar rendimientos elevados con parámetros por lo general aceptables de calidad bajo condiciones de mediana a alta fertilización, ha dado un particular impulso al cultivo. A esto se suma la posibilidad de una cosecha temprana, característica distintiva de la cebada en comparación con otros cereales i.e. trigo, lo cual es un aspecto de singular importancia para el rendimiento de los cultivos de segunda, que se siembran a continuación. En este contexto de elevada productividad, el manejo de la fertilidad es una herramienta importante para alcanzar un balance de altos rendimientos en la secuencia cebada-cultivos de verano, con una buena calidad del grano de cebada que favorezca su precio.

Los objetivos de este trabajo son 1. Evaluar el efecto de la fertilización nitrógeno-azufrada de cebada sobre el rendimiento de la secuencia cebada-soja de 2da y cebada-maíz y 2. Valorar como las estrategias de fertilización afectan los parámetros de calidad más simples del grano de cebada, la proteína y el calibre, en dos ensayos realizados en el noroeste de la provincia de Bs. As.

Materiales y métodos

Durante la campaña 2006/07 se condujeron dos experimentos de campo en las localidades de Arribeños y La Trinidad, ambas en el partido de General Arenales. Características de los sitios experimentales y el manejo realizado en los mismos se presentan en las Tablas 1 y 2.

Tabla 1: Características más destacadas de los diferentes sitios experimentales.

Localidad	Partido	Sistema de Labranza	Años de Agricultura	Tipo de suelo	Serie de suelo
La Trinidad	General Arenales	Vertical (C), S directa (S2 ^{da})	> 20	Argiudol típico	Rojas
Arribeños	General Arenales	Siembra directa	> 20	Argiudol típico	Delgado

Tabla 2: Manejo efectuado en los sitios experimentales.

Localidad	Cultivar	Fecha de siembra	Cultivo antecesor	Densidad de siembra	Fertilización
La Trinidad	Scarlett	8-julio	Soja	240 semillas m ⁻²	Tratamientos del ensayo
	Dow Mass 494 MG	1-diciembre	Cebada	7,5 semillas m ⁻²	80 kg MAP + 100 kg Urea
Arribeños	Scarlett	7-julio	Soja 1ra	240 semillas m ⁻²	Tratamientos del ensayo
	Nidera 4613 RG	8-diciembre	Cebada	40 semillas m ⁻²	No

Los tratamientos correspondieron a la combinación factorial de niveles variables de disponibilidades de Nitrógeno (N) a la siembra de cebada, dos dosis de Azufre (S) (0 y 15 kgS ha⁻¹) a la siembra de cebada y dos dosis de N foliar aplicados en antesis (0 y 20 kgN ha⁻¹) del mismo cultivo. La soja de segunda no fue fertilizada, el maíz de segunda en cambio fue abonado de manera uniforme para todos los tratamientos, con 80 kg MAP + 100 kg Urea ha⁻¹. En ambos casos, se aplicaron 100 kg ha⁻¹ de Superfosfato Triple de Calcio en bandas a la siembra de cebada, para que la disponibilidad de Fósforo (P) no limitara los rendimientos y, como consecuencia, la respuesta a NS.

Se utilizó un diseño de bloques completos aleatorizados con 3 repeticiones. Los tratamientos evaluados se detallan en la Tabla 3.

Tabla 3: Tratamientos de fertilización realizados a la siembra de cebada

Tratamientos	N inicial (N-NO ₃ en el suelo + N del fertilizante)	Cantidad de nutriente a aplicar	
		S en siembra de cebada	N en espigazón de cebada
T1	Testigo	0	0
T2	100	0	0
T3	130	0	0
T4	160	0	0
T5	100	10	0
T6	130	10	0
T7	160	10	0
T8	100	10	20
T9	130	10	20
T10	160	10	20

Previamente, en una muestra compuesta por bloque tomada de 0 a 20 cm se midió pH, conductividad eléctrica y los contenidos de materia orgánica y P disponible (Bray I). A su vez, se determinó el contenido de nitratos en muestras de 0 a 20 cm, de 20 a 40 cm y de 40 a 60 cm. En madurez comercial se determinó el rendimiento, el contenido proteico y el calibre de los granos a través de un juego de zarandas tipo Steinecker, que permiten separar una muestra de

granos en tres fracciones: mayor a 2,5 mm, entre 2,5 y 2,2 mm y menor a 2,2 mm. En los cultivos de segunda siembra se evaluaron los rendimientos. En el caso de la rotación cebada-maíz, se midió además la disponibilidad de N y S residual en suelo (nitratos y sulfatos 0-30 cm), luego de la cosecha de cebada y antes de la siembra de cultivo de segunda, en una muestra compuesta de todas las repeticiones, para cada tratamiento. En todos los casos, la cosecha se realizó en forma manual, con trilla estacionaria y ajuste de los rendimientos a 13 % de humedad.

Resultados

Los resultados de los análisis de suelo se presentan en la Tabla 4:

Tabla 4: Análisis químico de suelo a la siembra de cebada.

Ensayos	pH 0-20 cm	MO (%) 0-20 cm	P _{Bray1} (ppm) 0-20 cm	N-NO ₃ (kg ha ⁻¹) 0-60 cm	S-SO _{4b} (ppm) 0-20 cm
La Trinidad	5,87	2,4	6,5	88,4	10,9
Arribeños	5,50	3,6	14,1	61,9	7,5

Rendimiento y calidad de cebada cervecera.

La significancia estadística de las variables evaluadas se presenta en la Tabla 5.

Tabla 5: Significancia estadística para el análisis de varianza del rendimiento, contenido de proteína de los granos en porcentaje y fracción retenida sobre tamiz de 2,5 mm (cal >2,5). NS: Efecto estadísticamente no significativo (P>0,05). Cuando P<0,10 los números indican la significancia de los efectos.

	La Trinidad			Arribeños		
	Rendimiento	Proteína	Cal > 2,5	Rendimiento	Proteína	Cal > 2,5
Sign. est.	0,001	NS	0,02	0,000	NS	NS
CV (%)	11,5	5,8	0,9	8,1	5,2	4,7

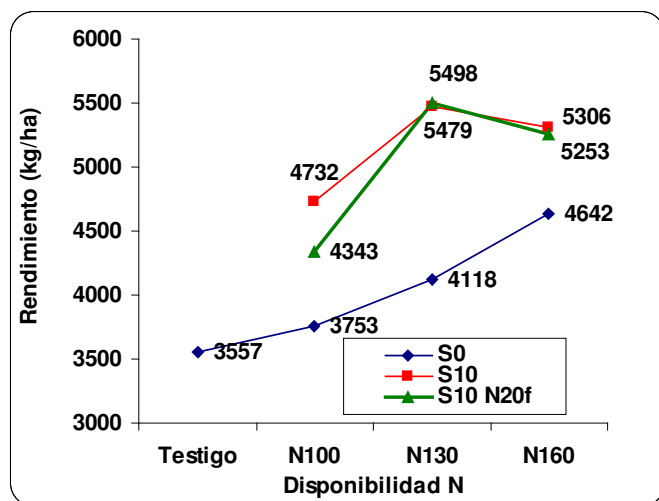


Figura 1.a

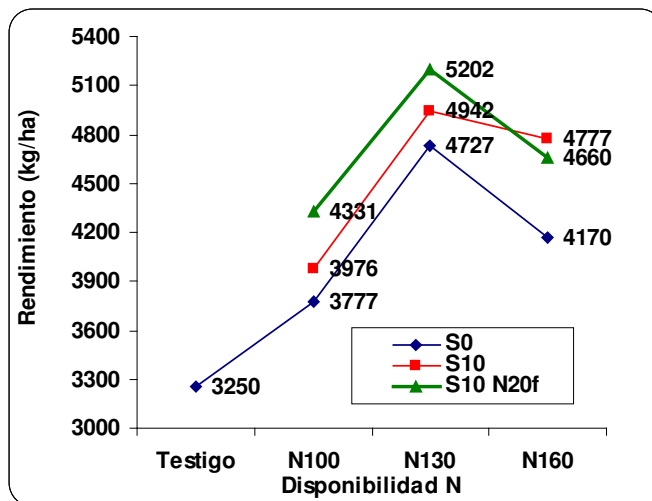


Figura 1.b

Figura 1: Rendimiento de cebada (kg ha^{-1}) en las localidades de La Trinidad (1.a) y Arribeños (1.b), como resultado de la combinación de diferentes disponibilidades de nitrógeno en suelo, dosis de azufre a la siembra y dosis de nitrógeno foliar en antesis.

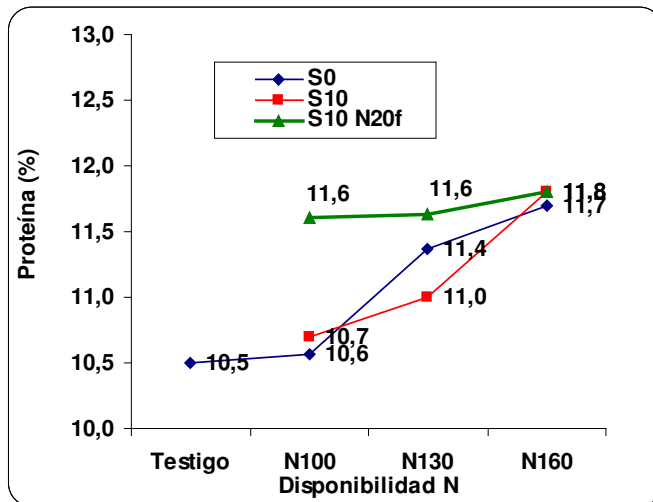


Figura 2.a

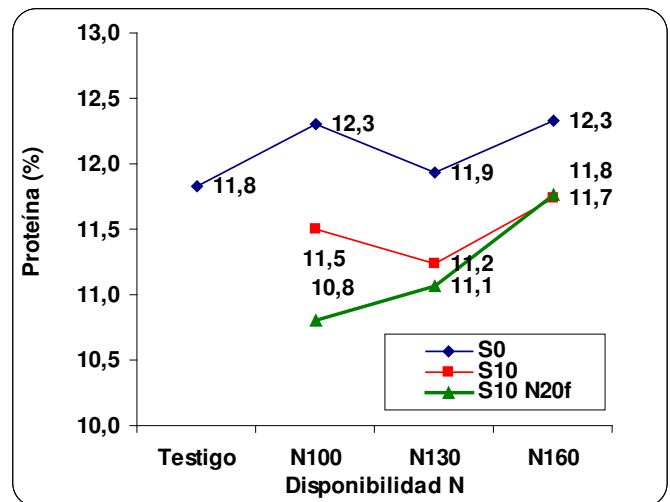


Figura 2.b

Figura 2: Concentración de proteína en granos de cebada (%) en las localidades de La Trinidad (2.a) y Arribeños (2.b), por la combinación de diferentes disponibilidades de nitrógeno en suelo, dosis de azufre a la siembra y dosis de nitrógeno foliar en antesis.

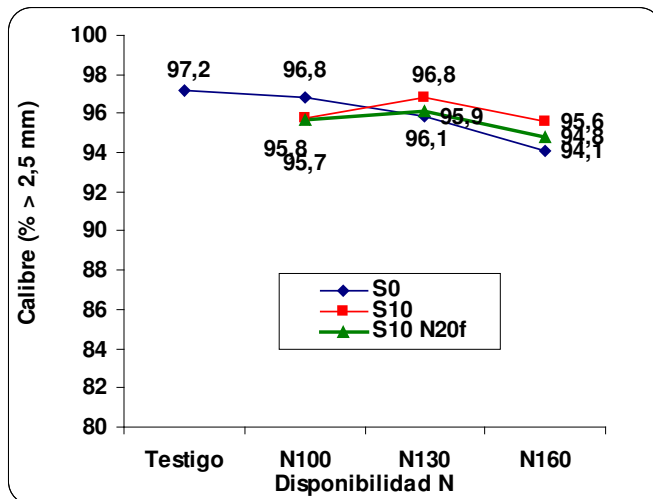


Figura 3.a

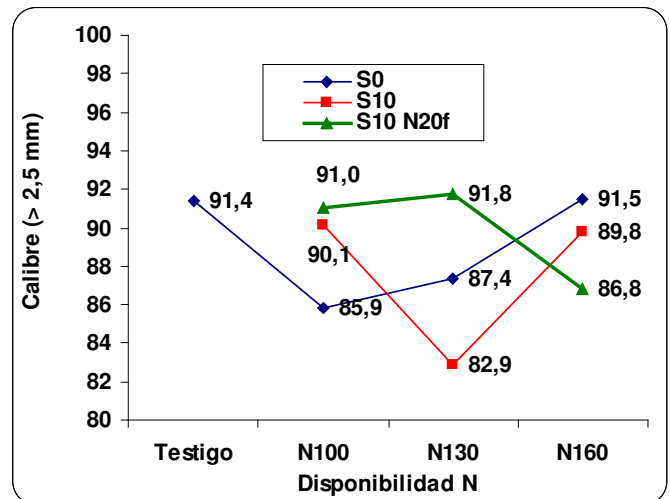


Figura 3.b

Figura 3: Calibre de granos de cebada (% sobre zaranda > 2,5 mm) en las localidades de La Trinidad (3.a) y Arribeños (3.b), por la combinación de diferentes disponibilidades de nitrógeno en suelo, dosis de azufre a la siembra y dosis de nitrógeno foliar en antesis.

La fertilización nitrogenada inicial aumentó significativamente los rendimientos hasta la dosis de 130kg/ha en ambos ensayos (Tabla 5, Fig. 1). Asimismo, el contenido protéico de los granos también tendió a aumentar en respuesta a la fertilización nitrogenada inicial en ambos ensayos, aunque los efectos no fueron significativos. El calibre, en cambio, disminuyó significativamente por efecto de la fertilización nitrogenada en el ensayo de La Trinidad.

La fertilización azufrada incrementó los rendimientos en ambos ensayos sin afectar los parámetros de calidad (Tabla 5, Fig. 3). Estos experimentos fueron los únicos en que se registraron efectos significativos del S en una red de ensayos que cubrían todo el área cebada

de la provincia Prystupa et al., (2007). Esto sugiere que el partido de Arenales podría ser un área particularmente carente en este elemento.

Rendimiento de los cultivos de segunda

En La Trinidad, la rotación evaluada fue cebada-maíz. El análisis de la disponibilidad de N y S en suelo a la siembra de maíz no arrojó diferencias marcadas ni tendencias definidas con relación a los tratamientos (Figura 4).

Sin embargo, se determinó efecto significativo sobre los rendimientos de maíz de segunda ($P=0,000$). La respuesta a S no es novedosa, y fue observada en ensayos anteriores realizados en soja sobre cebada (Ferraris et al., 2006) y soja sobre trigo (Salvagiotti y Gerster, 2003). Por su parte, el N adicional agregado a la siembra de cebada incrementó claramente los rendimientos del maíz (Figura 5.a). Siendo que este N residual no fue posible detectarlo en el suelo mediante un análisis de nitratos, puede interpretarse que el mismo se encontraba ciclando en los rastrojos y en la biomasa microbiana. Resulta destacable que estos resultados se obtuvieron bajo refertilización del maíz, con 55 kg N ha^{-1} .

En Arribeños la rotación fue cebada-soja. El agregado de S y los restantes tratamientos no afectaron los rendimientos del cultivo de segunda (Figura 5.b).

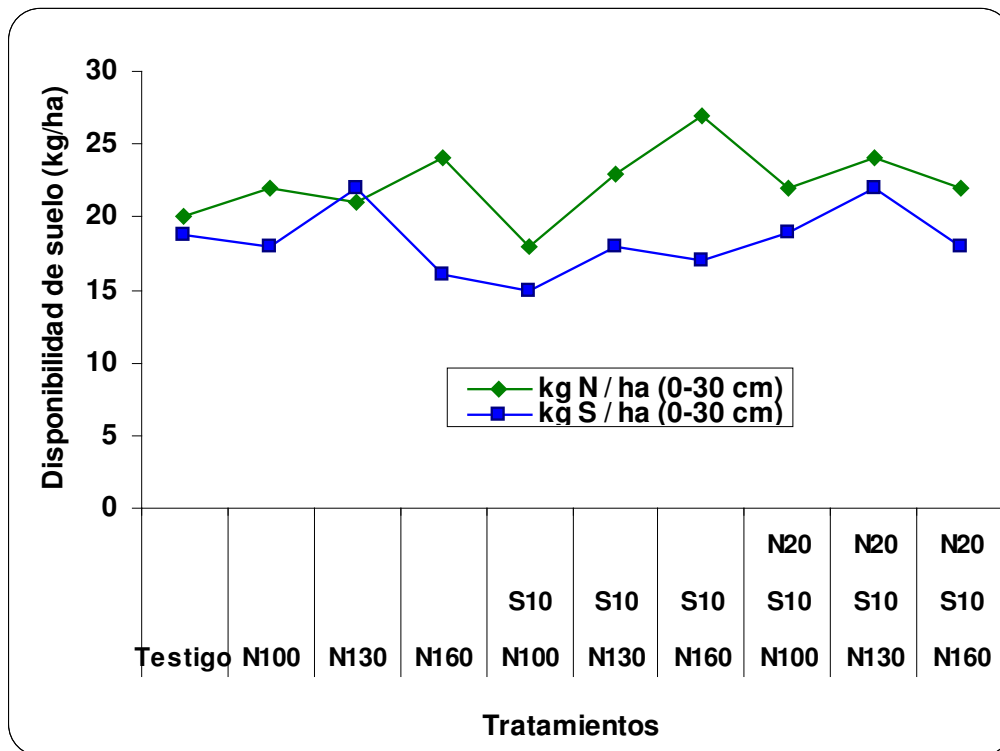


Figura 4: Disponibilidad de N y S en suelo (kg ha^{-1} 0-30 cm) residual previo a la siembra de maíz de segunda. Los resultados surgen de una muestra compuesta de las tres repeticiones.

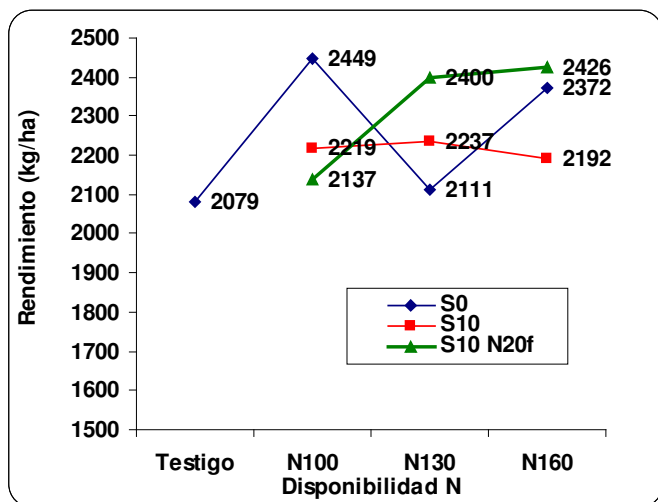
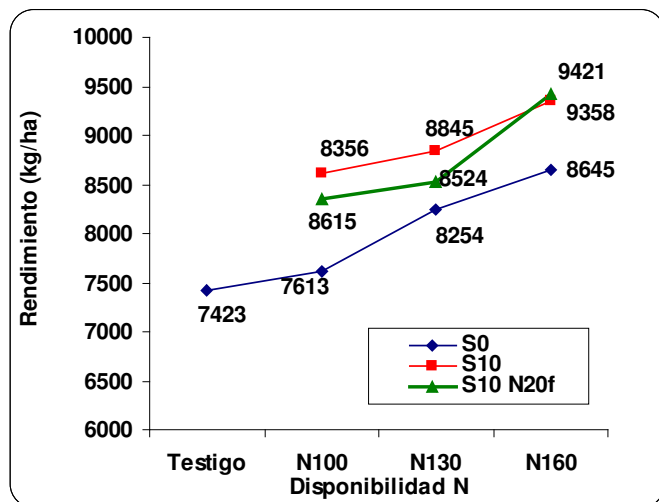


Figura 5.a

Figura 5.b

Figura 5: Rendimiento de maíz en La Trinidad (5.a) y soja en Arribeños (5.b), como cultivos de segunda siembra sobre tratamientos variables en disponibilidad de nitrógeno en suelo, dosis de azufre a la siembra y dosis de nitrógeno foliar aplicados en cebada.

Las producciones acumuladas de cebada-maíz y cebada-soja se presentan en la Figura 6. En La Trinidad se observa un claro efecto de N inicial y S sobre la suma de los rendimientos, ya que estos nutrientes incrementaron la productividad de ambos cultivos. En Arribeños, el mayor impacto sobre la secuencia lo provocó el N inicial, al incrementar los rendimientos de cebada.

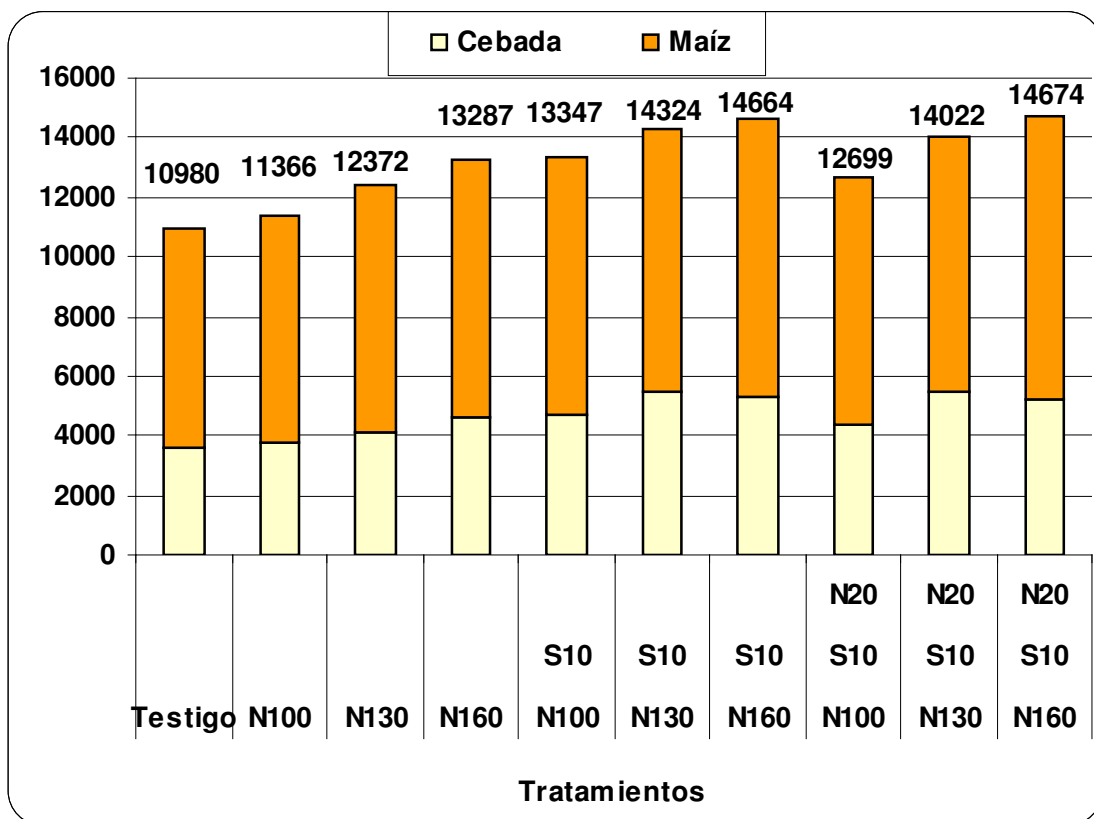


Figura 6.a

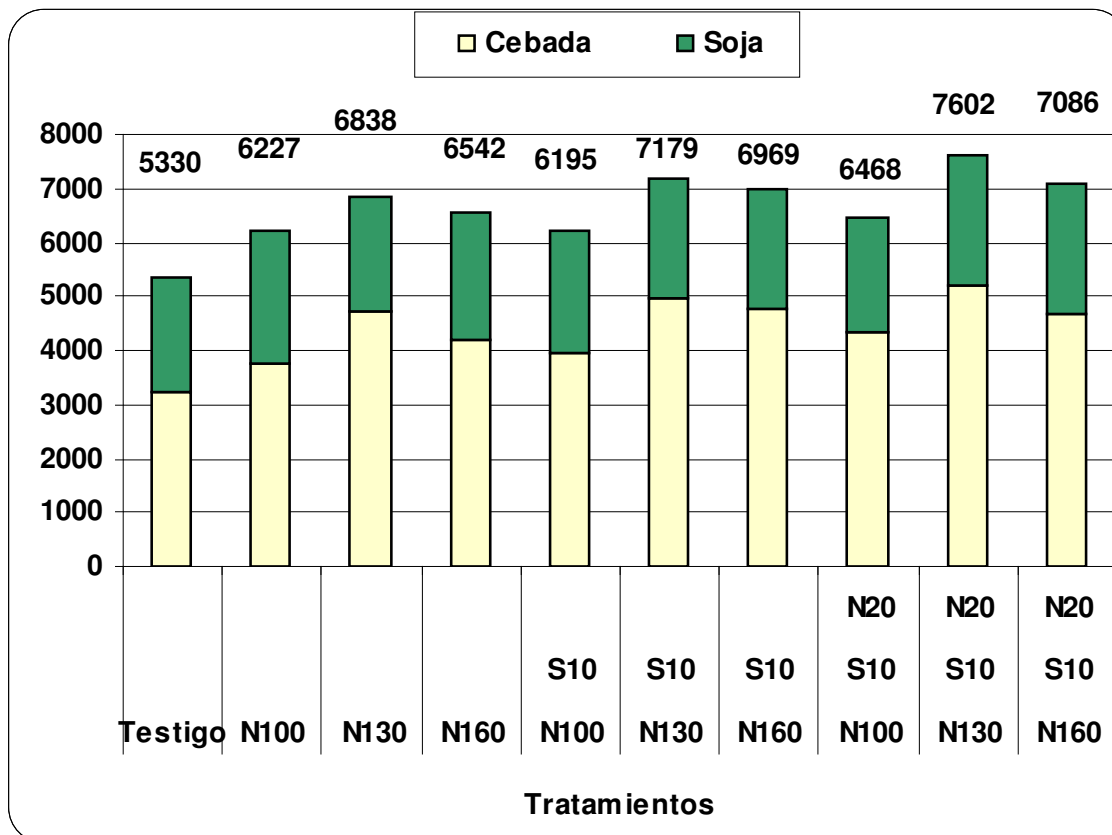


Figura 6.b

Figura 6: Rendimientos acumulados de las secuencias cebada-maíz en La Trinidad (6.a) y cebada-soja en Arribeños (6.b)

Conclusiones:

Los ambientes evaluados fueron limitados en la disponibilidad de N y S, y su agregado por fertilización incrementó los rendimientos de las rotaciones. Se destaca la magnitud de la respuesta acumulada a N, más aún en la secuencia cebada-maíz donde el N residual incrementó los rendimientos del cultivo de segunda aún cuando éste fuera refertilizado.

Un análisis profundo de la fertilización requiere la cuantificación de los efectos residuales sobre los rendimientos de los cultivos que suceden al que es fertilizado en forma directa. De lo contrario, la magnitud de la respuesta podría ser subestimada, aun en el caso de nutrientes móviles y que se consideran con escasa residualidad.

Bibliografía citada:

- ☞ Ferraris, G., P. Prystupa, F. Gutiérrez Boem, L. Couretot, R. Falconi y P. Traficante. 2006. Efectos de la fertilización con nitrógeno, fósforo y azufre sobre la secuencia cebada-soja en el centro-norte de la provincia de Buenos Aires. En: Experiencias en el cultivo de Trigo y otros cereales de invierno 2006. Resultados de Unidades Demostrativas. Proyecto Regional Agrícola, CERBAN. Áreas de Desarrollo Rural EEA's INTA Pergamino y General Villegas. pp 454-461.
- ☞ Prystupa, P., R. Bergh, G. Ferraris, T. Loewy, F. Gutiérrez Boem y L. Ventimiglia. 2007. Fertilización nitrogenada y azufrada en cebada cervecera: Red INTA – Fertilizar. En: Simposio Fertilidad 2007. Bases para el manejo y la nutrición de los cultivos y los suelos. IPNI Cono Sur. pp 50-56.

- ✎ Salvagiotti, F. y G. Gerster. 2003. Respuesta a la fertilización en la región pampeana en la secuencia Trigo – Soja. Informe técnico del módulo de investigación, Proyecto Fertilizar. 18pp.