



## Proyecto Regional Agrícola Desarrollo Rural INTA PERGAMINO

### Efectos de la fertilización con nitrógeno, fósforo y azufre sobre la secuencia cebada-soja en el centro norte de la provincia de Buenos Aires

Investigadores  
Ing Agr. Gustavo Ferraris (1)  
Ing. Agr. Pablo Prystupa (2)  
Ing. Agr. Flavio H. Gutiérrez Boem (2)

#### Introducción

La cebada cervecera ocupa una superficie importante en el área de siembra de cultivos de invierno, en algunos partidos del centro-norte de la provincia de Buenos Aires. Entre ellos se destacan General Arenales, Junín, Bragado y General Viamonte, donde la superficie sembrada es levemente inferior a la de trigo (Figura 1). La aparición de variedades que permiten la obtención de rendimientos similares o aún mayores a los del trigo y, sobre todo, la posibilidad de anticipar la siembra de soja de segunda son las principales causas de esta difusión.

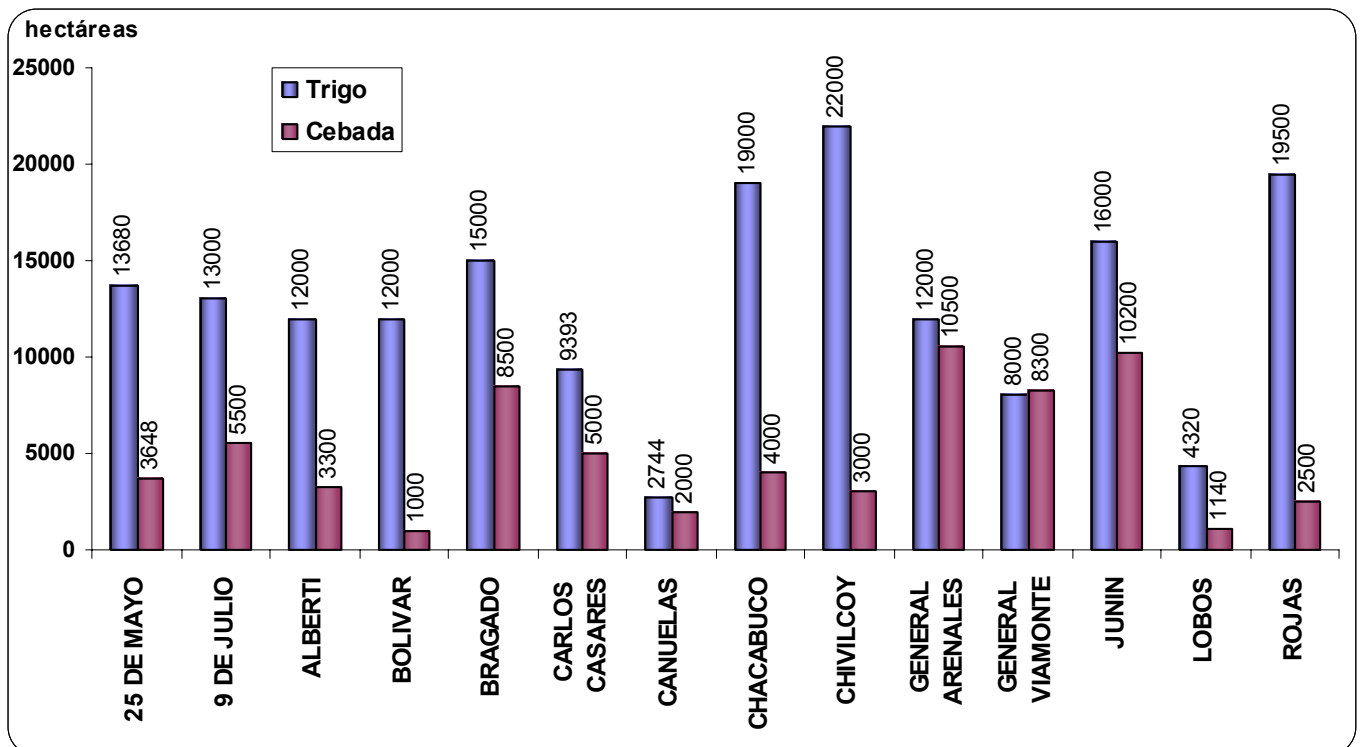


Figura 1: Superficie cultivada con trigo y cebada cervecera en algunos partidos del centro-norte de la provincia de Buenos Aires, campaña 2003/04. En base a datos suministrados por el Grupo SIG, Desarrollo Rural INTA Pergamino.

(1) Técnicos de Desarrollo Rural INTA E.E.A. Pergamino

(2) Cátedra de Fertilidad y Fertilizantes, Facultad de Agronomía, UBA.

El rendimiento es el principal factor que determina la rentabilidad de los cultivos de grano. Sin embargo, en el caso de la cebada cervecera, la calidad también es una variable de importancia. Esto es así porque para proceso de malteado, principal destino de los granos de este cultivo, es importante que el contenido de proteína se encuentre dentro de un rango óptimo, y que el grano sea de un tamaño (calibre) grande. Calibre y contenido de proteína son de una importancia tal, que determinan una escala de la cual resulta el precio final del producto cosechado.

Como sucede con el resto de los cereales de invierno, El nitrógeno (N) y el fósforo (P), incrementan los rendimientos cuando se agregan en suelos deficientes en estos nutrientes. La aplicación de fertilizantes nitrogenados puede disminuir el calibre e incrementar el contenido proteico (Prystupa et al., 1998). El incremento en el porcentaje de proteína fue tradicionalmente indeseable en este cultivo. Sin embargo, con el advenimiento de variedades de elevados rendimientos y baja proteína como Scarlett, este comportamiento se tornó favorable. La fertilización fosforada, en cambio, no parece afectar la calidad de este cereal. Sin embargo, Loewy y Ron (2001) observaron disminuciones significativas del contenido proteico de los granos en un grupo de ensayos realizados en el sudoeste de la provincia de Buenos Aires.

Por otra parte, Salvagiotti et al. (2003) observaron que el manejo nutricional realizado en un cultivo de invierno como trigo afecta los rendimientos de la soja de segunda. Aunque se podría hipotetizar que el comportamiento de la soja sobre cebada debería asemejarse, no se han realizado experiencias concretas en esta secuencia. Las deficiencias inducidas por el cultivo de invierno podrían ser más evidentes en la secuencia cebada-soja, ya que el cultivo de segunda se siembra en forma anticipada si se los compara con la rotación trigo-soja, y de esta manera alcanza mayor potencial de rendimiento y con ello, mayor demanda de nutrientes.

El objetivo de esta experiencia es generar información sobre el comportamiento de la secuencia cebada-soja analizando el rendimiento y calidad de la cebada y los rendimientos de la soja de segunda, frente a diferentes estrategias de manejo de N-P y azufre (S) en el centro-norte de la provincia de Buenos Aires.

## Materiales y métodos

Durante la campaña 2004/05 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
Trinidad	General Arenales	Vertical (C), S directa (S2 <sup>da</sup> )	> 30	Argiudol típico	Rojas
Arribeños	General Arenales	Siembra directa	> 10	Argiudol típico	Delgado

Tabla 2: Manejo efectuado en los sitios experimentales.

Localidad	Cultivar	Fecha de siembra	Cultivo antecesor	Densidad de siembra	Fecha de Cosecha
Trinidad	Quilmes Palomar	29-junio	Maíz	240 semillas m <sup>-2</sup>	25-nov
	DM 4800 RR	18-diciembre	Cebada	40 semillas m <sup>-2</sup>	11-abril
Arribeños	Scarlett	5-julio	Soja 1ra	240 semillas m <sup>-2</sup>	25-nov
		30-noviembre	Cebada	35 semillas m <sup>-2</sup>	18-abril

Los tratamientos correspondieron a la combinación factorial de dos niveles de fósforo y cinco niveles de nitrógeno obtenidos mediante la aplicación de superfosfato triple incorporado y urea aplicada al voleo a la siembra del cultivo de cebada. El azufre fue aplicado como sulfato de calcio al voleo al momento de la siembra de soja de segunda.

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 nitrogenada y fosforada

Tratamiento	Nutrientes agregados (kg ha <sup>-1</sup> de elemento)			Momento aplicación
	P	N	S	
P0 N0	0	0	0	siembra cebada
P0 N120	0	120	0	siembra cebada
P20 N0	20	0	0	siembra cebada
P20 N120	20	120	0	siembra cebada
P20 N120 S15	20	120	0	siembra cebada
	0	0	15	siembra soja 2 <sup>da</sup>

Previo a la siembra, 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. 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 al momento de la siembra

Ensayos	MO (%)	P (ppm)	CE (dS m <sup>-1</sup> )	pH	N-NO <sub>3</sub> (ppm)		
					0-20	20-40	40-60
La Trinidad	2,95	10,0	0,119	5,9	9,0	2,0	1,0
Arribeños	2,55	12	0,125	5,8	10,0	2,7	1,0

## 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, fracción retenida sobre tamiz de 2,5 mm (cal >2,5), no retenida en tamiz de 2,2 mm (cal <2,2) y . contenido de proteína de los granos (Prot), Los números indican la significancia de los efectos de P, N y la interacción PxN..

	Arribeños				Trinidad			
	Rendimiento	Cal > 2,5	Cal < 2,2	Proteína	Rendimiento	Cal > 2,5	Cal < 2,2	Proteína
PxN	0,385	0,789	0,626	0,752	0,171	0,753	0,915	0,514
P	0,182	0,306	0,277	0,298	0,102	0,844	0,356	0,219
N	0,022 **	0,914	0,626	0,001***	0,007***	0,937	0,147	0,161
CV(%)=	18,5	1,0	31,8	7,8	8,4	1,4	23,1	19,9

(\*\*) Diferencias estadísticas significativas ( $P < 0,05$ )

(\*\*\*) Diferencias estadísticas altamente significativas ( $P < 0,01$ )

No se determinó interacción NxP sobre los rendimiento, el calibre o el porcentaje de proteína en ninguno de los dos sitios. La fertilización nitrogenada incrementó significativamente los rendimientos en ambos ensayo, y el porcentaje de proteína en Arribeños. Tanto P como N no incidieron en el calibre, y este último tampoco afectó significativamente los rendimientos ni la proteína. Los rendimientos de los diferentes tratamientos y la concentración de proteína en grano se presentan en la Figura 2, mientras que el calibre se muestra en la Figura 3.

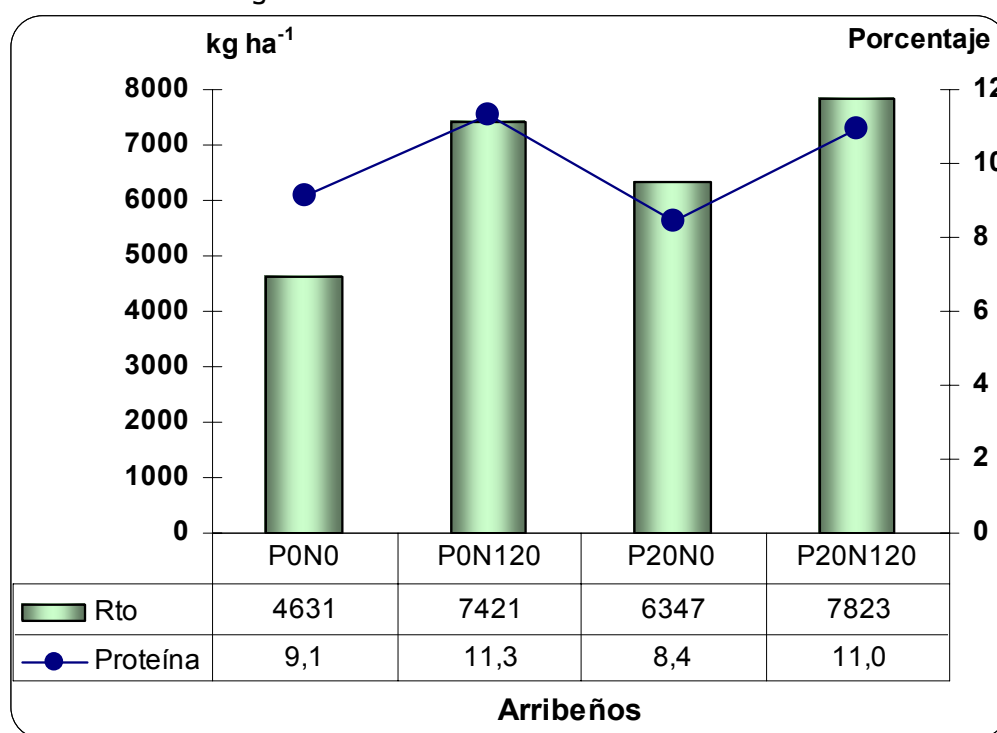


Figura 2.a

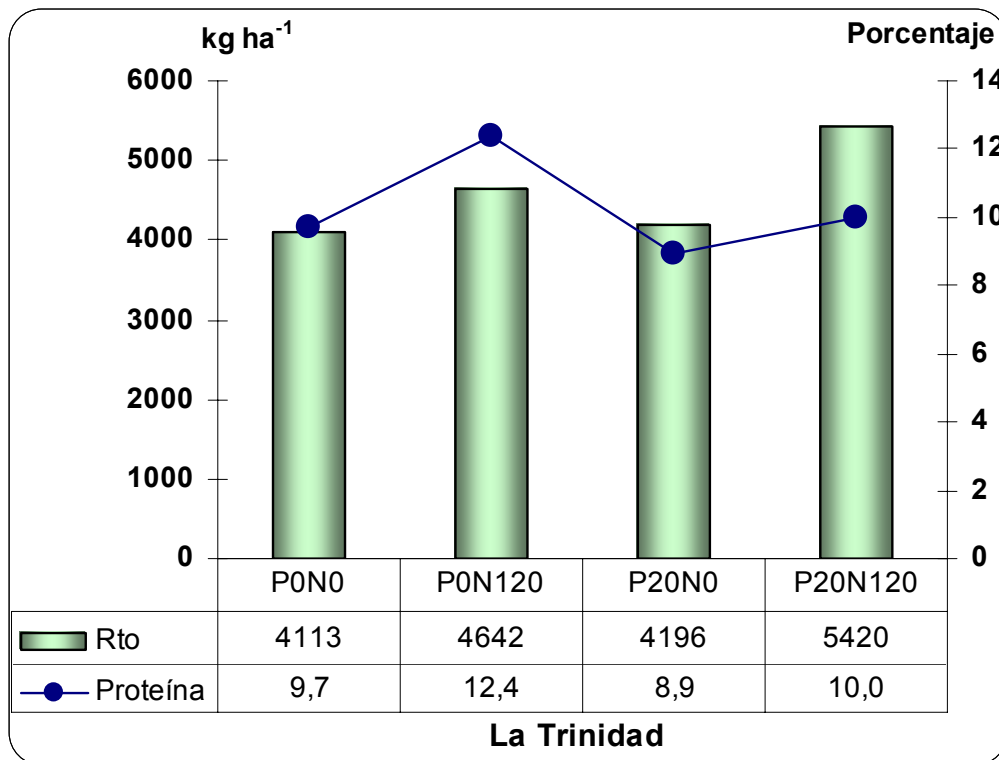


Figura 2.b

Figura 2: Rendimiento de grano (columnas) y concentración de proteína en los ensayos Arribeños (2.a) y La Trinidad (2.b).

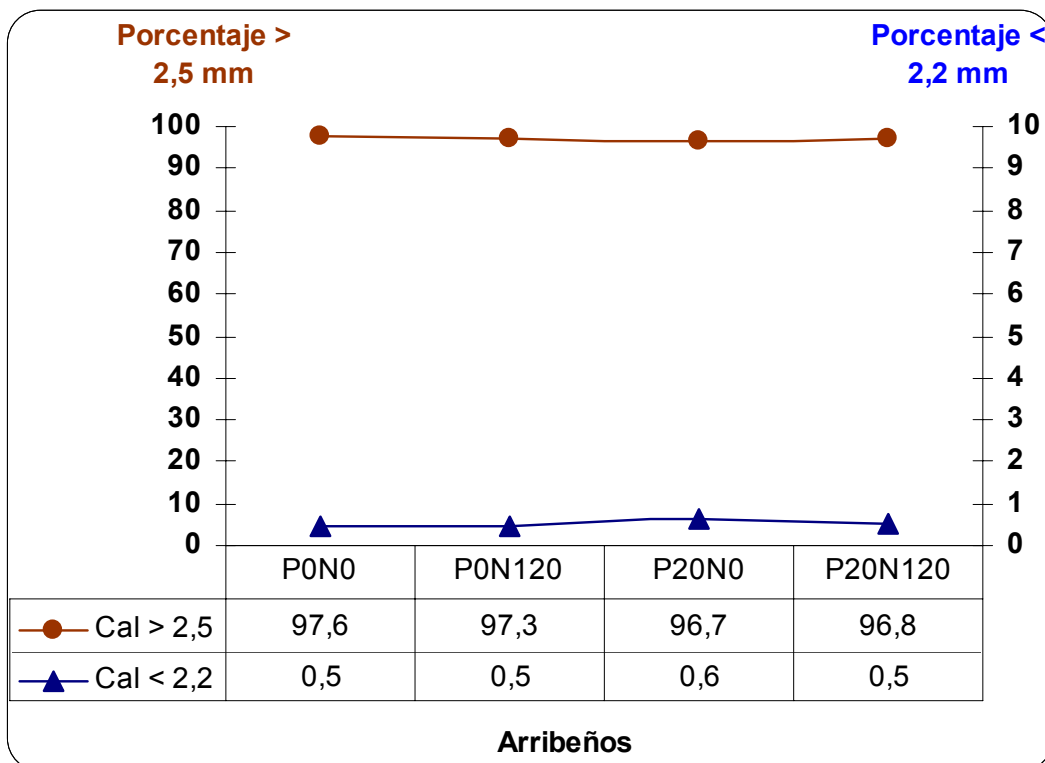


Figura 3.a

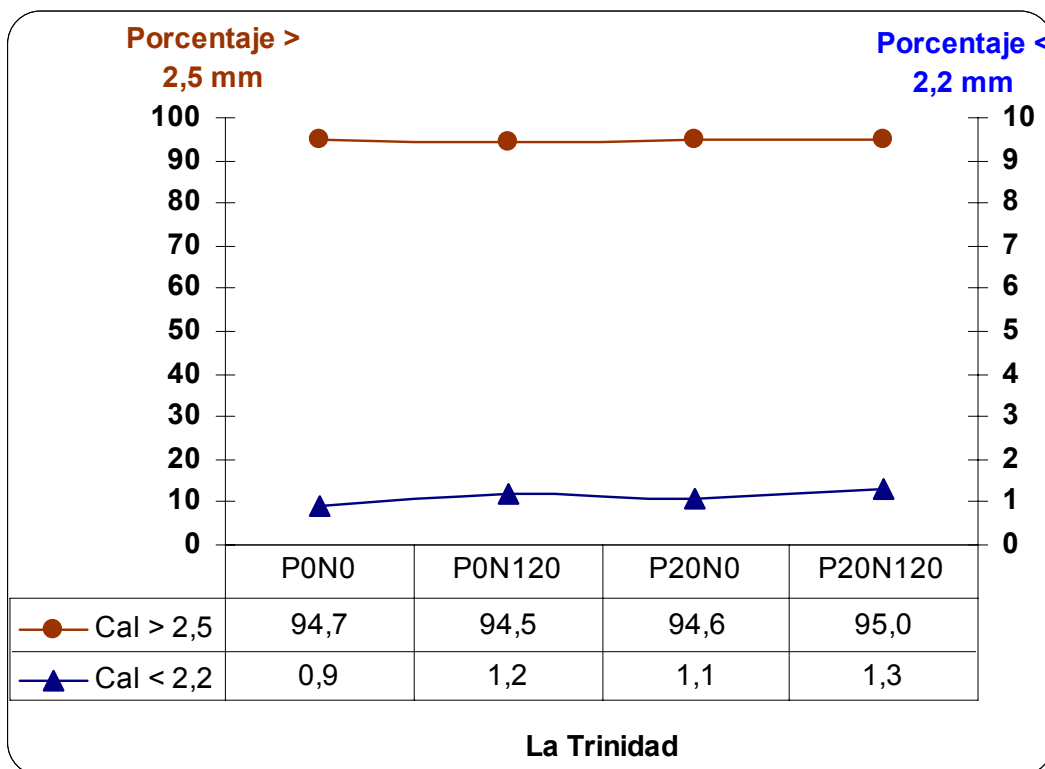


Figura 3.b

Figura 3: Porcentaje de granos de tamaño > a 2,5 mm (círculos) y < a 2,2 mm (triángulos) Ensayos Arribeños (3.a) y La Trinidad (3.b).

Por último, cabe consignar que las parcelas fertilizadas con N mostraron tendencia a incrementar levemente la incidencia vuelco (Figura 4). A pesar de los rendimientos inferiores del ensayo, esta tendencia fue más pronunciada en Trinidad, debido a que la variedad sembrada, Quilmas Palomar, es notablemente más sensible al vuelco que Scarlett, sembrada en Arribeños.

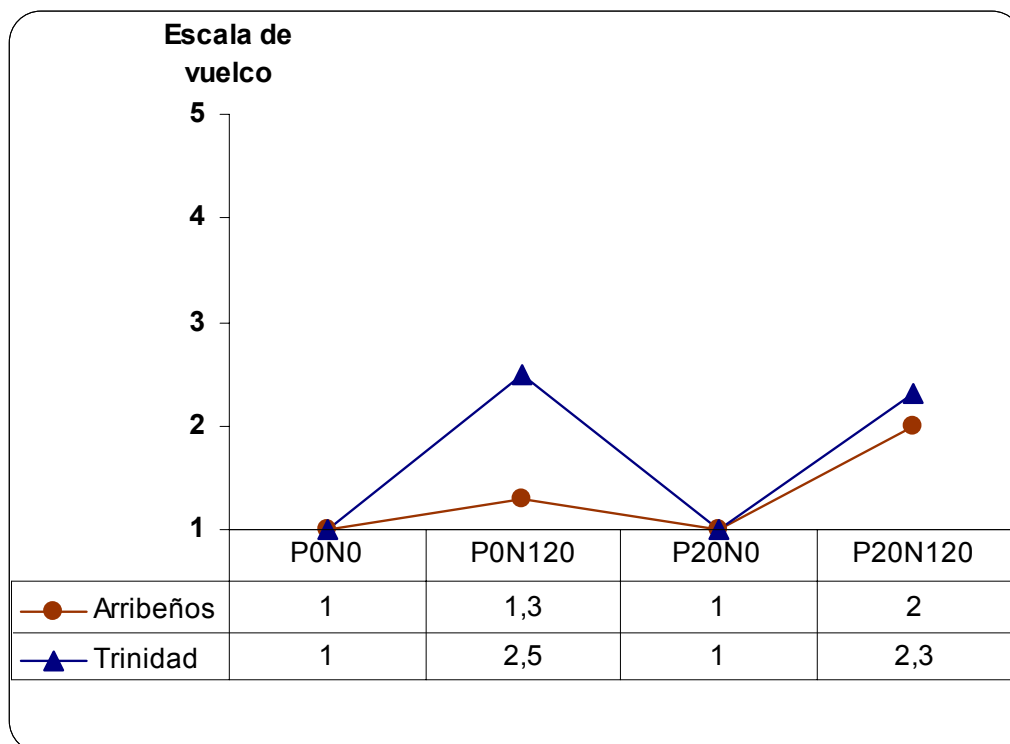


Figura 4: Escala de vuelco para los ensayos Arribeños (variedad Scarlett) y La Trinidad (Variedad Palomar).

**Rendimiento de Soja de segunda:**

En la Figura 3 se presentan los rendimientos obtenidos en soja de segunda siembra.

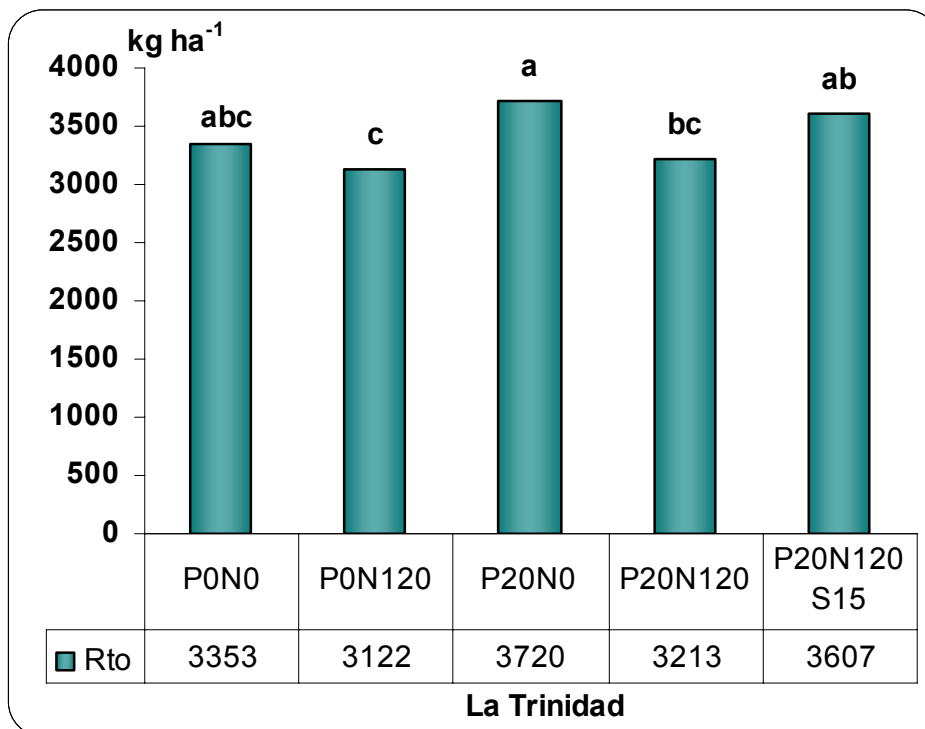
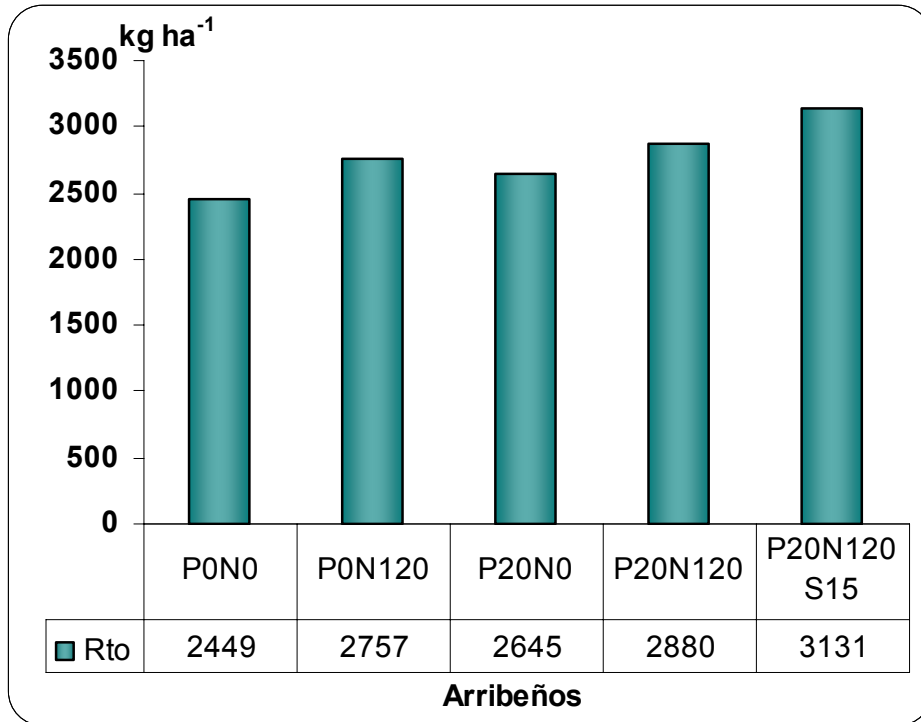


Figura 5: Rendimiento de grano en Soja de segunda sobre cebada cervecera para las localidades de Arribeños (5.a) y La Trinidad (5.b). Los tratamientos de fósforo (P) y Nitrógeno (N) fueron realizados al momento de la siembra de cebada. El azufre (S) se aplicó a la siembra de soja. Letras distintas representan diferencias estadísticamente significativas ( $P < 0,05$ ).

Los rendimientos fueron más elevados en la Trinidad. La utilización de un cultivar de ciclo más largo, el menor rendimiento de la cebada en el sitio (con menor consumo de agua y nutrientes) y, fundamentalmente, la siembra más temprana de la soja de segunda habrían determinado este comportamiento. En este sentido, Couretot y Ferraris (inédito) determinaron caídas de producción de 40 kg ha día por retrasos en la fecha de siembra desde el 1 de Diciembre.

No se determinaron diferencias en los rendimientos de Soja en Arribeños. En La Trinidad en cambio, el agregado de N disminuyó los rendimientos de la soja de segunda, Esta tendencia fue revertida cuando se refertilizó la soja con S. Los elevados rendimientos obtenidos al suplementar la cebada con N inducirían deficiencias de S, tal como reportaron Martínez et al., (1998) y Salvagiotti et al., (2003).