

## FERTILIZACIÓN EN CEBADA CERVECERA: HERRAMIENTAS DE MANEJO PARA BALANCEAR EL RENDIMIENTO Y LA CALIDAD EN UNA SECUENCIA DE DOBLE CULTIVO

**Gustavo N. Ferraris**

*Desarrollo Rural INTA E.E.A. Pergamino, INTA Av Presidente Dr. A. Frondizi km 4,5 (B2700WAA)  
Pergamino, Buenos Aires.*

[nferraris@pergamino.inta.gov.ar](mailto:nferraris@pergamino.inta.gov.ar)

### Introducción

El cultivo de cebada se presenta como una alternativa de creciente interés como cultivo de invierno, particularmente en el sudoeste, centro-oeste y, últimamente, en el norte de la provincia de Buenos Aires. Algunas características de la especie, tales como la temprana liberación de lotes para la siembra de cultivos de segunda, la obtención de rendimientos elevados, y el desarrollo de mejores condiciones de comercialización, han alentado a numerosos productores a introducir su siembra o aumentar la superficie cultivada en caso de que ya lo hicieran. Por otra parte, la cebada aporta al sistema productivo residuos y cobertura, constituyéndose en una herramienta para la intensificación y diversificación de cultivos, al introducir una nueva especie de invierno, complementaria de las demás especies cultivadas.

La cebada producida en nuestro país tiene como destino casi exclusivo la elaboración de malta. Para ser destinada a este fin, se prefiere que el contenido proteico del grano de cebada sea mayor a 10% y menor a 12%, y un tamaño de granos grande. Durante la comercialización, las partidas de cereal que no cumplen con este requisito reciben importantes descuentos en el precio. El cultivar Scarlett es uno de los más difundidos en el país y en el mundo, acompañado por nuevas variedades de creciente difusión. Esta variedad tiene un muy alto potencial de rendimiento pero suele presentar concentraciones de proteínas excesivamente bajas (Loewy et al., 2008). La introducción de este perfil de variedades ha significado un verdadero cambio en el sistema de cultivo, modificando la percepción y la tecnología aplicada al mismo (Tabla 1).

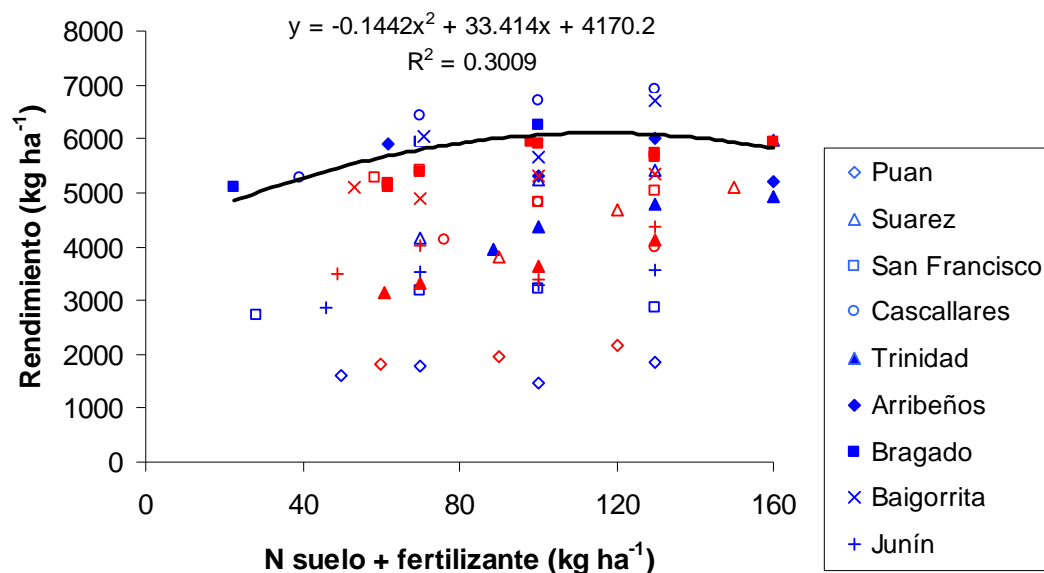
**Tabla 1.** Perfil de cultivo de variedades actuales en comparación con las antiguas

<b>Antiguas</b>	<b>Actuales</b>
Quilmes Palomar, Quilmes Pampa.	Scarlett, Quilmes Ayelén.
Liberadas en los '80.	Liberadas desde fines de los '90.
Menores rendimientos.	Altos rendimientos.
Proteínas intermedias a altas.	Proteínas intermedias a muy bajas (en ocasiones fuertes descuentos).
Mayor tendencia al vuelco.	Menor tendencia al vuelco.
Problemas sanitarios.	Scarlett con susceptibilidad de Roya. Severidad variable según el año..
Percepción: Cultivo de bajo costo "de los pobres".	Percepción: Cultivo con respuesta a a tecnología.
<b>Percepción sobre el fertilizante: "No te pases con la dosis".</b>	<b>Percepción sobre el fertilizante: Herramienta importante del sistema</b>

### Fertilización nitrogenada inicial

En los cultivos de cereales, la fertilización nitrogenada es una herramienta que permite alcanzar rendimientos elevados e incrementar su contenido proteico. En una red realizada durante dos años en las principales regiones productoras del país, se observaron respuestas significativas a la fertilización nitrogenada inicial en 7 de 19 ensayos (Loewy et al., 2008). En ellos el rendimiento aumentó entre el 24 y 45 %. Cabe destacar que incluso en los 12 ensayos en que las diferencias no fueron -estadísticamente- significativas, las respuestas promediaron 480 kg ha<sup>-1</sup>. Aunque esta red presentó una gran variabilidad de rendimientos entre ensayos, es destacable el alto potencial de rendimiento alcanzado: en 5 de los 19 experimentos se observaron niveles superiores a los 6000 kg ha<sup>-1</sup> (Figura 1).

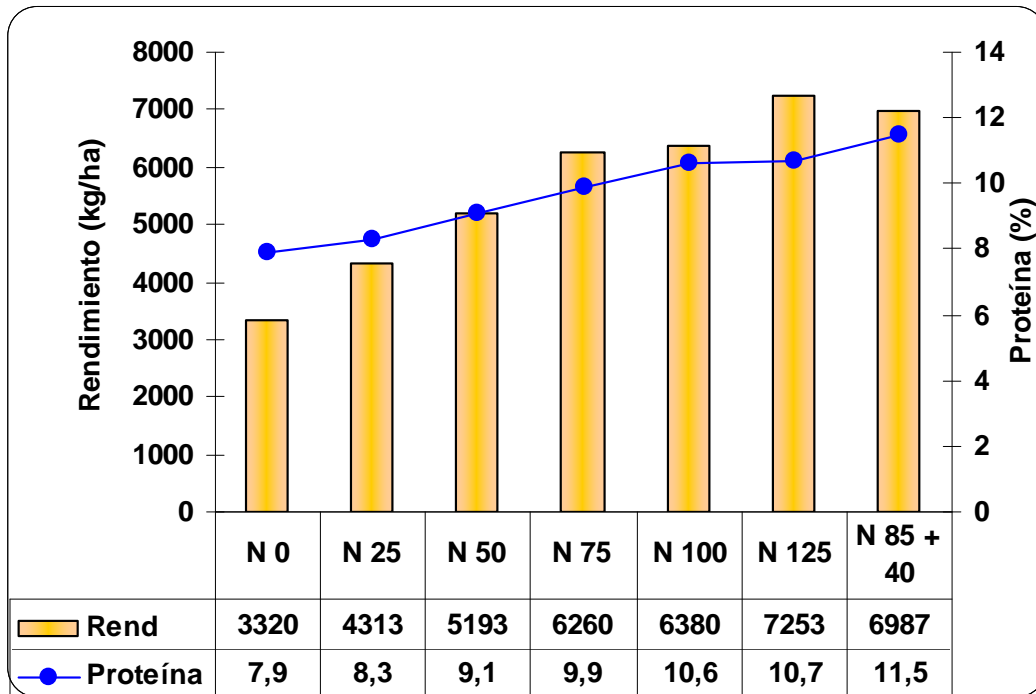
Considerando todos los ensayos, los rendimientos se relacionaron de manera poco estrecha con la disponibilidad de nitrógeno (N), considerando la suma del N en el fertilizante y en el suelo a la siembra. Si bien el ajuste fue relativamente bajo (figura 1), fue la variable que explicó en mayor medida los rendimientos. Es evidente que el factor sitio/año es muy potente en una red tan amplia. Se puede observar, empero, que los ensayos que tuvieron rendimientos máximos menores a 4000 kg ha<sup>-1</sup> (Puan 2005, San Francisco 2005, Junín 2005, Puan 2006 y Junín 2006) no respondieron a la fertilización nitrogenada (Figura. 1). Los sitios con respuesta fueron aquellos con potencial de rendimiento alto o intermedio. Considerado los 5 ambientes de mayor potencial productivo, los valores máximos se obtuvieron con dosis de entre 100 y 130 kg N ha<sup>-1</sup>. (Figura 1)



**Figura 1.** Rendimiento en función de la oferta de N (suelo+fertilizante, 0 - 60 cm). Los símbolos azules corresponden a los experimentos del 2005 y los rojos a los del 2006. La línea indica la función ajustada a los ambientes de mayor rendimiento (Puan, San Francisco Belloq, Trinidad y Bragado en el 2005 y Bragado en el 2006). Tomado de Loewy et al., 2008

En la Región Pampeana norte, la postergación de la fertilización nitrogenada de la siembra al macollaje, suele traer aparejado la obtención de rendimientos similares -en años con invierno húmedos-, o inferiores - en años con inviernos secos- a las aplicaciones de siembra. Los rendimientos más bajos son consecuencia de la menor eficiencia del N en macollaje para producir rendimiento, lo cual trae aparejado una mayor concentración de proteína en los granos. Esto fue comprobado en un ensayo de campo realizado en Arribeños por Ferraris et al., (2006), donde aún en dosis elevadas de 125 kgN ha<sup>-1</sup> la aplicación dividida entre siembra y macollaje, redujo los rendimientos e incrementó la proteína con relación a la

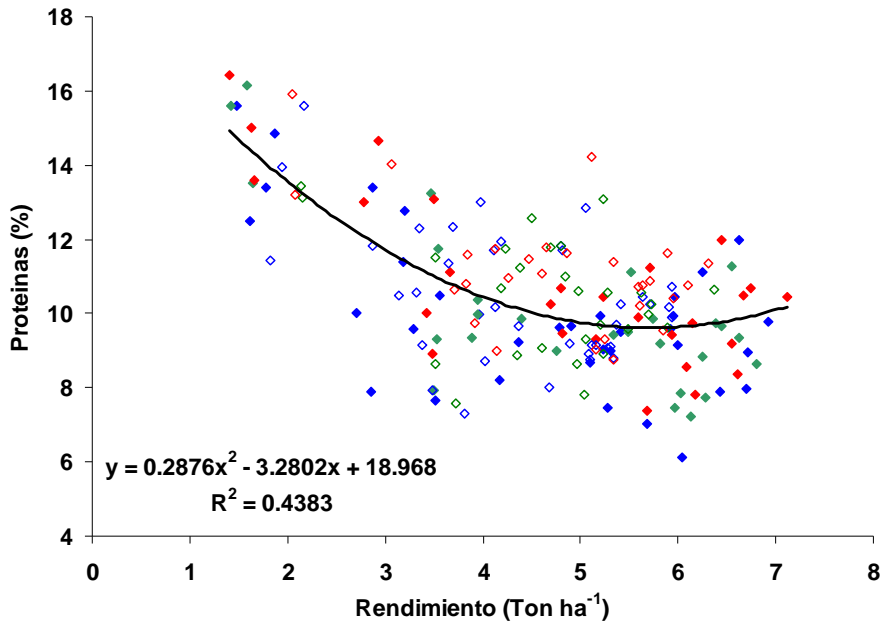
siembra (Figura 2).



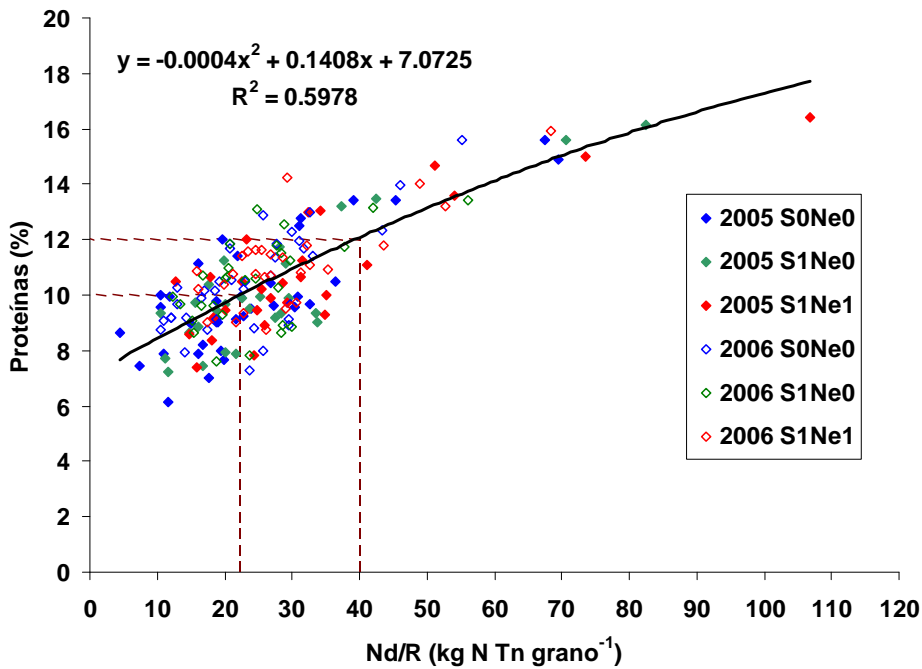
**Figura 2.** Rendimiento de grano ( $kg\ ha^{-1}$ ) y contenido de proteína (%) de diferentes tratamientos de fertilización nitrogenada en cebada cv Scarlett. Arrebeños, Partido de General Arenales. Tomado de Ferraris et al., 2006.

#### Fertilización nitrogenada tardía por vía foliar

La obtención de altos rendimientos frecuentemente está asociada a baja proteína (Prystupa et al., 2008, Figura 3). Estos resultados sugieren que el contenido proteico de los granos es una consecuencia de la relación entre la oferta de N y el rendimiento. Para cuantificar esta relación se elaboró un índice dividiendo la disponibilidad de N por el rendimiento (Nd/R). La disponibilidad de N se calculó sumando el N presente en los nitratos del suelo hasta 60 cm de profundidad más el N aportado por los fertilizantes. El Nd/R representa los kilogramos de N disponibles (suelo+fertilizante) por tonelada de grano. El contenido proteico de los granos se asoció significativamente a este cociente (Figura 4).



**Figura 3.** Contenido proteico de los granos en función del rendimiento de los cultivos. Se indica la ecuación ajustada (n = 183). Cada punto indica la media de las 3 o 4 (de acuerdo al experimento) parcelas. Tomado de Prystupa et al., 2008.



**Figura 4.** Relación entre el contenido proteico de los granos y el cociente entre la disponibilidad inicial de N en el suelo mas el aportado por el fertilizante y el rendimiento obtenido (Nd/R). Se indica la ecuación ajustada (n = 183). Cada punto indica la media de las 3 o 4 (de acuerdo al experimento) parcelas.

La función obtenida permite estimar la cantidad de N por tonelada de grano necesaria para alcanzar un determinado contenido proteico. Para obtener un contenido proteico entre el 10 y el 12% (que se puede considerar deseable en las malterías) se debe disponer entre 22,19 y

40,03 kg N Tn grano<sup>-1</sup>.

### Fertilización fosfatada. Efectos sobre los rendimientos y la calidad.

Los requerimientos de P propuestos para cebada por Ciampitti y García (2007) son ligeramente inferiores a los de trigo, alcanzando a 4 kgP ton<sup>-1</sup> de grano cosechado para aquella frente a 5 para este último. Asimismo, el índice de cosecha de P sugerido es de 0,75 y 0,80 para cebada y trigo, respectivamente. La fertilización fosforada en cebada aumenta el área foliar, principalmente porque determina un mayor número de macollos (Gregory et al., 1984; Prystupa et al., 2003). Por lo tanto, los cultivos fertilizados con P interceptan más radiación y acumulan más biomasa.

La fertilización fosforada usualmente determina aumentos en el número de espigas por unidad de superficie (Gregory et al., 1984; Hoppo et al., 1999; Prystupa et al., 2004b; Ron y Loewy, 2001). En algunos casos, estos incrementos en el número de espigas están acompañados por aumentos en el número de granos por espiga. La fertilización fosforada suele incrementar los rendimientos y afectar poco la cantidad de N acumulado en los granos. Por este motivo, a fertilización con P en algunos casos no afecta el contenido proteico, mientras que en otros casos puede determinar disminuciones (Ferraris et al., 2006; Loewy y Ron, 2001) por un efecto dilución ante incrementos en los rendimientos. La fertilización fosforada no parece afectar el calibre de los granos (Loewy, 1998; Prystupa et al., 2004b).

En un grupo de tres ensayos realizados en 9 de Julio y General Arenales, la fertilización fosfatada incrementó significativamente los rendimientos en dos ensayos (9 de Julio y Arribeños), y no modificó sustancialmente la proteína (Figura 5).

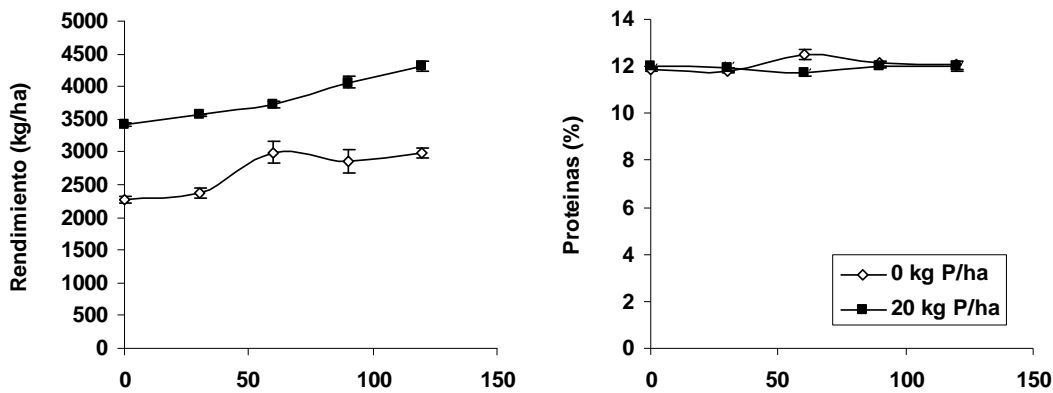


Figura 5.a

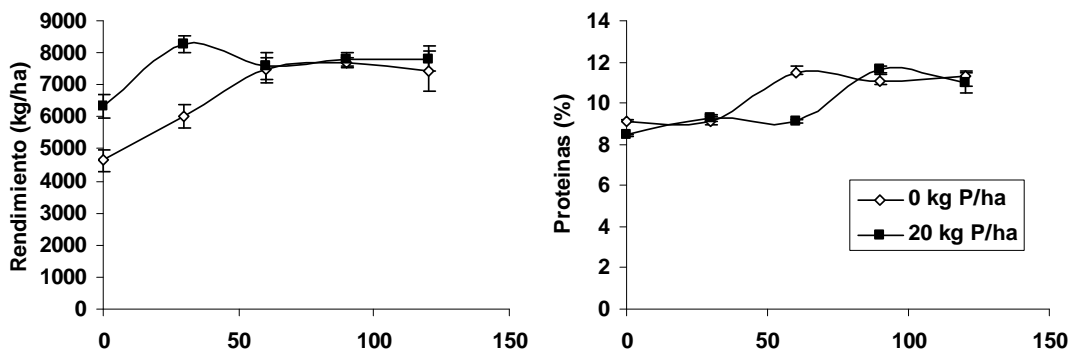


Figura 5.b

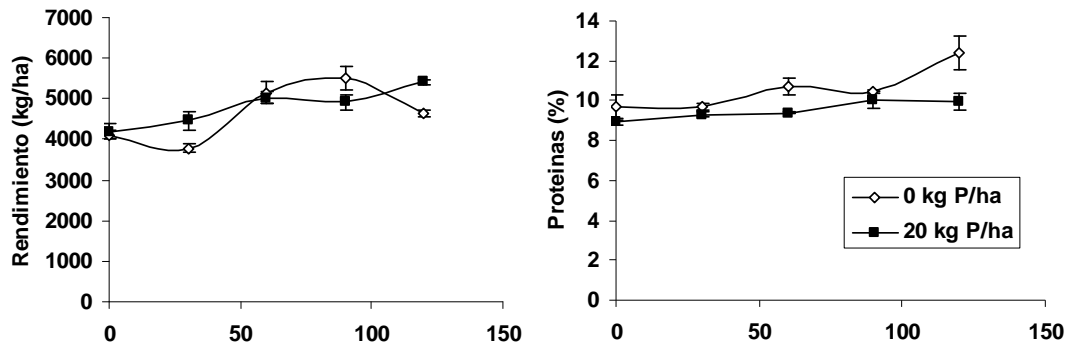


Figura 5.c

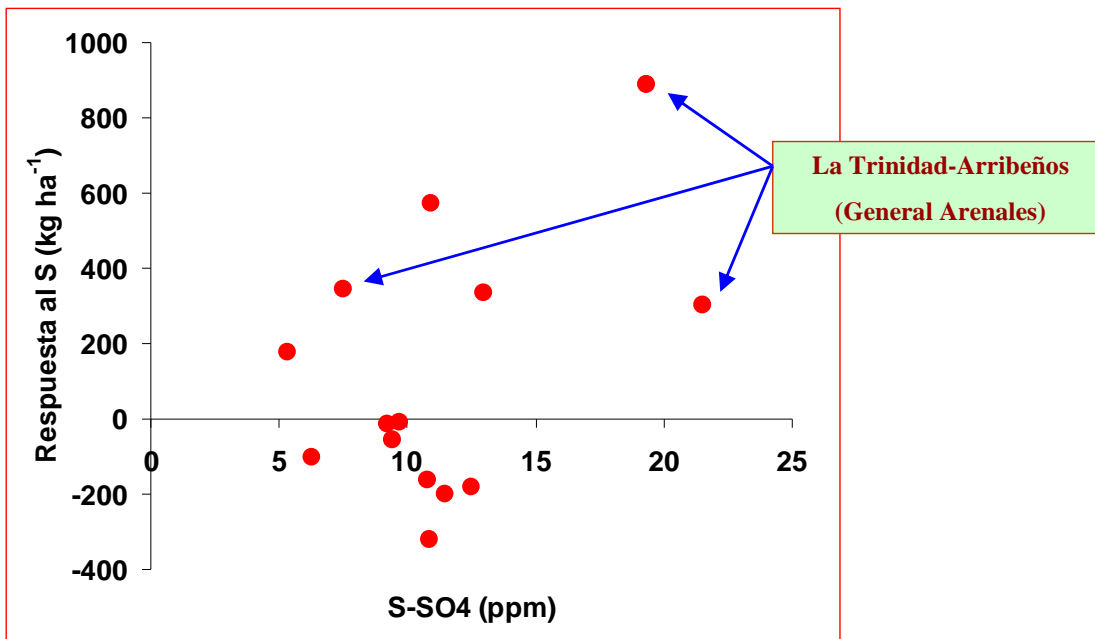
**Figura 5:** Rendimientos como resultado de la aplicación de diferentes dosis de fósforo y nitrógeno en las localidades de 9 de Julio (a), Arribeños (b) y La Trinidad (c). Tomado de Ferraris et al., 2005.a.

La recomendación de fertilización fosforada se suelen realizar siguiendo dos criterios: el de suficiencia y el de enriquecimiento y mantenimiento. Si se sigue el criterio de suficiencia se debe aplicar la dosis de fertilizante que asegure el máximo beneficio económico. Para ello se debe contar con modelos generados a partir de redes experimentales que relacionen la respuesta del cultivo a una o más dosis de fertilizante fosforado realizada sobre un conjunto de lotes con un amplio rango de disponibilidades de P el suelo. El otro criterio es el de enriquecimiento y mantenimiento (también llamado de reposición y enriquecimiento). En este criterio el objetivo es elevar la disponibilidad de fósforo del suelo hasta un rango de valores que no limiten el rendimiento de las distintas especies cultivadas durante la rotación en un lote ("enriquecimiento") y, una vez alcanzado, fertilizar para mantener esta disponibilidad ("mantenimiento").

### Fertilización azufrada

En la red mencionada en el apartado de N, se observó que la fertilización azufrada incrementó significativamente los rendimientos en dos de 19 experimentos, realizados en el Partido de General Arenales (Figura 6). Los ensayos correspondieron a los sitios con mayor rendimiento de toda la red, sugiriendo cierta asociación entre demanda y respuesta a la fertilización. En estos dos experimentos, la respuesta promedio fue de 593 kg/ha. La respuesta promedio en todos los ensayos fue de 112 kg/ha. Esta información sugiere que el azufre puede en ciertas situaciones puntuales representar una limitante a la producción.

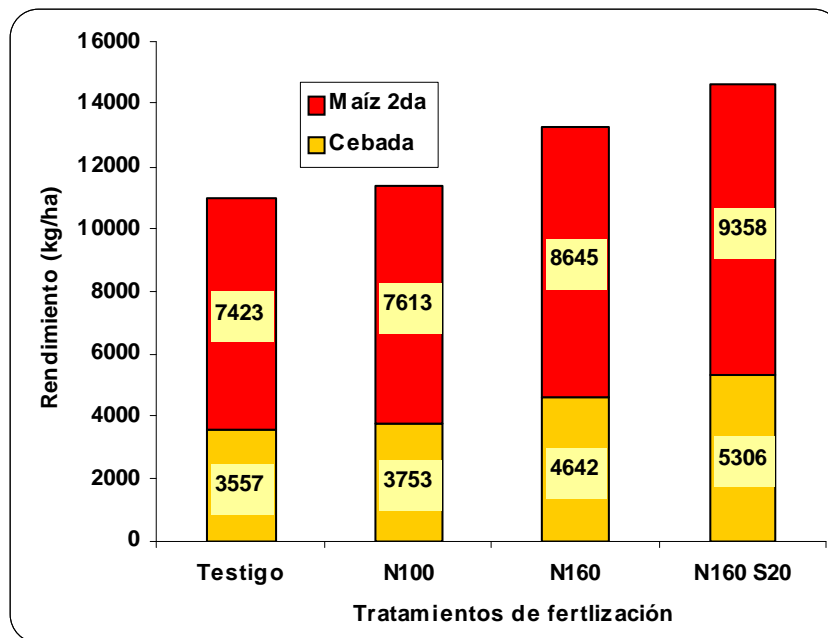
La respuesta a la fertilización azufrada no se asoció a la concentración de sulfatos. Esta falta de asociación entre la respuesta a la fertilización azufrada y la concentración de sulfatos ha sido observada en la mayoría de las redes de fertilización azufrada realizadas en la región pampeana (Echeverría et al. 2002 en soja, Ferraris et al. 2005. b en maíz, Galantini et al. 2006 en trigo). El efecto sobre el contenido proteico de los granos no parece importante, aunque sí podría modificar la composición de las proteínas, a favor de aminoácidos de mayor valor biológico.



**Figura 6.** Respuesta a la fertilización azufrada en función de la concentración de S-SO<sub>4</sub> presente en la capa de 0 a 20 cm del suelo durante la siembra. Las flechas señalan sitios de alto rendimiento localizados en el partido de General Arenales, con diferencias positivas por agregado de azufre. Tomado de Gutiérrez Boem et al., 2008.

#### Fertilización en una secuencia cebada-maíz de segunda.

La siembra de maíz en fechas tardías o de segunda es una alternativa que ha ganado superficie en los últimos años como una forma de estabilizar los rendimientos y diferir el periodo crítico hacia una época de menor demanda ambiental. Cuando es realizado luego de una gramínea invernal, la secuencia responde a un manejo integral de la fertilidad siendo el N el elemento más sensible. En un ensayo realizado en la localidad de La Trinidad – General Arenales- el agregado de dosis elevadas de N y S en cebada se manifestó en una marcada respuesta residual en maíz de segunda (Ferraris et al., 2008, Figura 10), aun cuando el maíz fue fertilizado de manera uniforme con 19 kg P y 64 kgN ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Un análisis de N-nitratos y S-sulfatos a la siembra de maíz no arrojó diferencias entre tratamientos, lo que hace presumir que los residuos y la biomasa microbiana constituyeron en esta experiencia reservorios de N y S orgánico, que se mineralizó durante la estación estival para suplementar al cultivo.



**Figura 7.** Rendimientos de la secuencia cebada-maíz, resultado de diferentes disponibilidades de nitrógeno inicial (suelo + fertilizante) y azufre (como fertilizante). Los tratamientos fueron aplicados en cebada. El maíz fue refertilizado de manera uniforme con 19 kg P y 64 kg N ha<sup>-1</sup>. La Trinidad, Partido de Gral. Arenales, campaña 2006/07. (Ferraris et al, 2007).

#### Bibliografía.

- Ciampitti I.A. y F.O. García.** 2007 Requerimientos nutricionales. Absorción y extracción de macronutrientes y nutrientes secundarios. I Cereales, oleaginosos e industriales. Archivo Agronómico N° 11 Informaciones Agronómicas N° 33 Instituto Internacional de nutrición de Plantas. Programa Latinoamérica – Cono Sur
- Echeverría E., G. Ferraris, G. Gerster, F.H. Gutiérrez Boem y F. Salvagiotti.** 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. EEA INTA Pergamino, 44 p. (disponible on line en [www.fertilizar.org.ar](http://www.fertilizar.org.ar))
- Ferraris G., F.H. Gutiérrez Boem, P. Prystupa, F. Salvagiotti, L. Couretot y D. Dignani.** 2005. b. Fertilización azufrada en maíz en la pampa ondulada. VIII Congreso Nacional de Maíz. 16 a 18/11/2005. Rosario, Pcia. de Santa Fe: 162-165
- Ferraris G., L. Couretot, R. Falconi, F.H. Gutiérrez Boem y P. Prystupa.** 2007. Efectos 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. Campaña 2006/07. En: Maíz. Resultados de Unidades demostrativas del Proyecto Regional Agrícola, campaña 2006/07: 159-165
- Ferraris G., L. Couretot, R. Falconi, F.H. Gutiérrez Boem y P. Prystupa.** 2007. Efectos 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. Campaña 2006/07. En: Maíz. Resultados de Unidades demostrativas del Proyecto Regional Agrícola, campaña 2006/07: 159-165
- Ferraris G., R. Bergh, T. Loewy, L. Ventimiglia, F.H. Gutiérrez Boem y P. Prystupa.** 2008. Fertilización de Cebada Cervecera cv. Scarlett: III. Efecto del Nitrógeno en espigazón y su interacción con el Nitrógeno inicial. En: XXI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. San Luis. (CD Rom).
- Ferraris G., P. Traficante, G. Gutiérrez Boem y P. Prystupa.** 2005. a. Efectos de la fertilización con nitrógeno, fósforo y azufre sobre la secuencia cebada-soja en el centro norte de la

provincia de Buenos Aires. Revista de Tecnología Agropecuaria, EEA INTA Pergamino, IX (28): 22-26.

**Ferraris G., R. Falconi y M.E Camozzi.** 2006 Efectos de la fertilización con nitrógeno en cebada cervecera. En En: Trigo. Resultados de Unidades demostrativas del Proyecto Regional Agrícola, años 2003-06. CERBAN. Áreas de Desarrollo Rural EEA INTA Pergamino y General Villegas: 450-453.

**Ferraris G., R. Falconi y M.E Camozzi.** 2006 Efectos de la fertilización con nitrógeno en cebada cervecera. En En: Trigo. Resultados de Unidades demostrativas del Proyecto Regional Agrícola, años 2003-06. CERBAN. Áreas de Desarrollo Rural EEA INTA Pergamino y General Villegas: 450-453.

**Galantini J., M.R. Landriscini, R. Fernandez, G. Mindolo, J. Cachiarelli y J.O. Iglesias.** 2006. Trigo: Fertilización con nitrógeno y azufre en el sur y sudoeste bonaerense. Informaciones Agronómicas 29: 23-25

**Gregory P.J., K.D. Shepherd y P.J. Cooper.** 1984 Effects of fertilizer on root growth and water use in northern Syria. J Agric Sci, Camb 103: 429-438

**Gutierrez Boem F.H., L. Ventimiglia, R. Bergh, G. Ferraris, P. Prystupa y T. Loewy.** 2008. Fertilización de Cebada Cervecera cv. Scarlett: II. Efecto del Azufre y su interacción con el Nitrógeno inicial. En: XXI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. San Luis. (CD Rom).

**Hoppo, S.D., D.E. Elliot, y D.J. Reuter.** 1999. Plant tests for diagnosing phosphorus deficiency in barley (*Hordeum vulgare* L.). Aust. J. Exp. Agric. 39: 857-872

**Loewy T., R. Bergh, G. Ferraris, L. Ventimiglia, F.H. Gutierrez Boem y P. Prystupa.** 2008. Fertilización de Cebada Cervecera Cv. Scarlett: I. Efecto del Nitrógeno inicial. En: XXI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. San Luis. (CD Rom).

**Loewy T., y M.M. Ron.** 2001. Proteína en trigo y cebada cervecera bajo fertilización nitrofosfórica. Actas del V Congreso Nacional de Trigo y III Simposio Nacional de Cereales de Siembra Otoño-invernal. Carlos Paz, Pcia. de Córdoba. Actas de la mesa de Cereales de siembra otoño-invernal.

**Prystupa P., Ferraris G., R. Bergh, T. Loewy, L. Ventimiglia y F.H. Gutierrez Boem.** 2008. Fertilización de Cebada Cervecera cv. Scarlett: IV. Modelo de respuesta del contenido proteico a la Fertilización Nitrogenada. En: XXI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. San Luis. (CD Rom).

**Prystupa P., G.A. Slafer y R. Savin.** 2003. Leaf appearance, tillering and their coordination in response to NxP fertilization in barley. Plant Soil 255: 587-594.

**Prystupa P., R. Savin y G.A. Slafer.** 2004b. Peso y calibre de los granos de cebada cervecera en respuesta a deficiencias de fósforo y nitrógeno. VI Congreso Nacional de Trigo y IV Simposio Nacional de Cereales de Siembra Otoño-Invernal. 22 al 24/10/2004. Bahía Blanca, Pcia. de Buenos Aires: 373-374.

**Ron, M.M., y T. Loewy.** 2001. Respuesta a N-P de componentes de rendimiento en cebada cervecera. Actas del V Congreso Nacional de Trigo y III Simposio Nacional de Cereales de Siembra Otoño-invernal. Carlos Paz, Pcia. de Córdoba. Actas de la mesa de Ecofisiología y manejo de cultivo.