



## Proyecto Regional Agrícola Desarrollo Rural INTA PERGAMINO

### FERTILIZACIÓN EN CEBADA CERVECERA PAUTAS DE MANEJO PARA LA OBTENCIÓN DE ALTOS RENDIMIENTOS CON CALIDAD

*Gustavo N. Ferraris<sup>1</sup>*  
*Pablo Prystupa<sup>2</sup>*  
*F.H. Gutierrez Boem<sup>2</sup>*  
*L. Couretot<sup>1</sup>*

#### 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. Al igual que otras variedades, como Quilmes Ayelén, 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.

(1) Técnicos de Desarrollo Rural INTA EEA Pergamino

(2) Técnicos de Cátedra de Fertilidad y Fertilizantes, FAUBA

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

Antiguas	Actuales
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.
Percepción sobre el fertilizante: "No te pases con la dosis".	Percepción sobre el fertilizante: Herramienta importante del sistema

### 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 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)

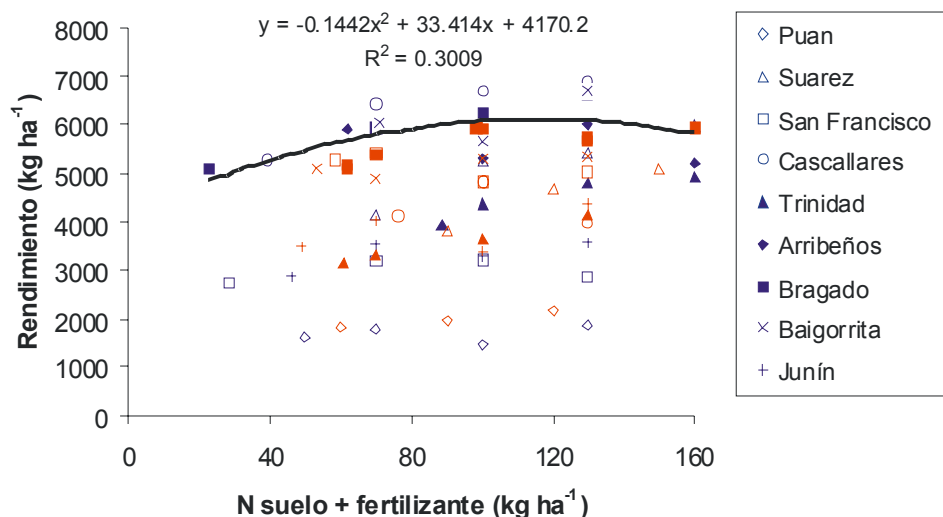


Figura 1: Rendimiento en función de la oferta de N (suelo+fertilizante, 0 - 60 cm). Los símbolos azules corresponden a los experimentos del 2005 y los rojos a los del 2006. La línea indica la función ajustada a los ambientes de mayor rendimiento (Puan, San Francisco Belloq, Trinidad y Bragado en el 2005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

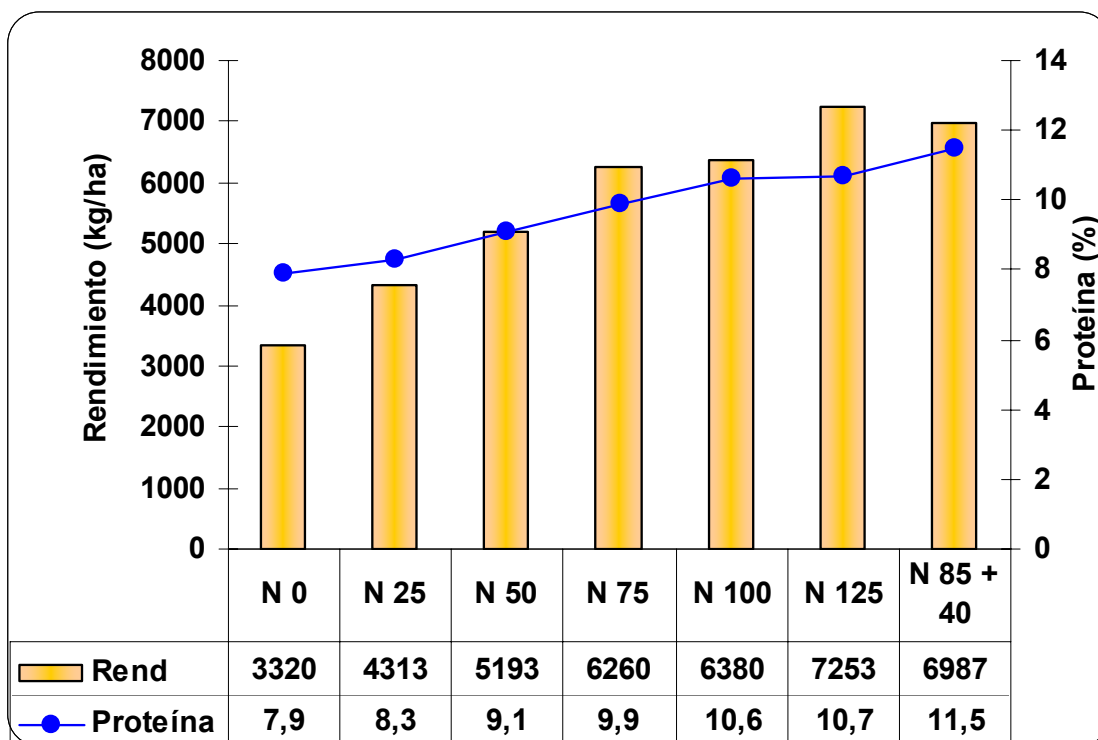


Figura 2: Rendimiento de grano ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) y contenido de proteína (%) de diferentes tratamientos de fertilización nitrogenada en cebada cv Scarlett. Arrebeños, Partido de General Arenales. Tomado de Ferraris et al., 2006

### 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).

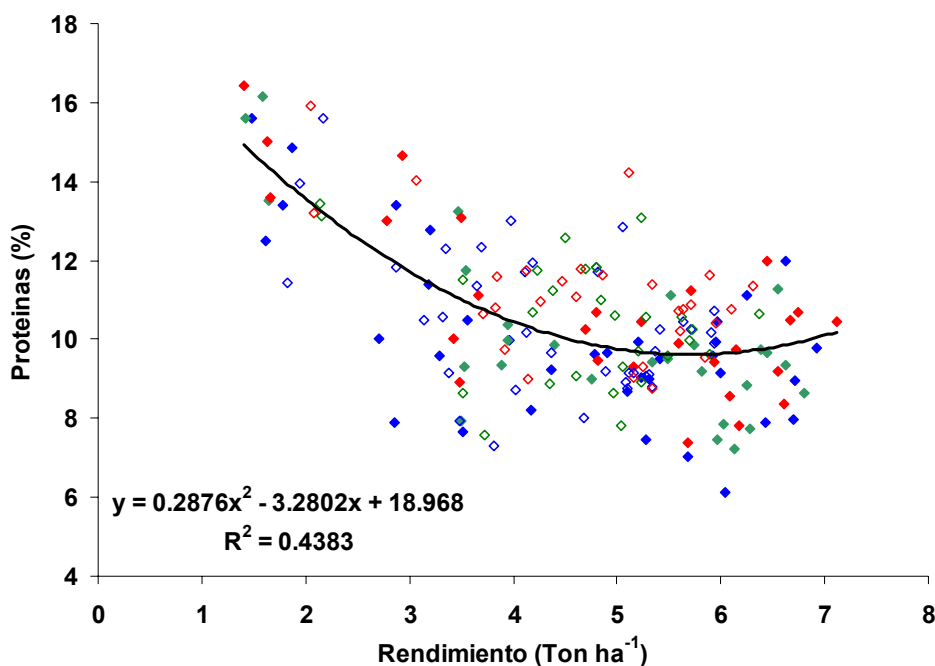


Figura 3: Contenido proteico de los granos en función del rendimiento de los cultivos. Se indica la ecuación ajustada ( $n = 183$ ). Cada punto indica la media de las 3 o 4 (de acuerdo al experimento) parcelas. Tomado de Prystupa et al., 2008.

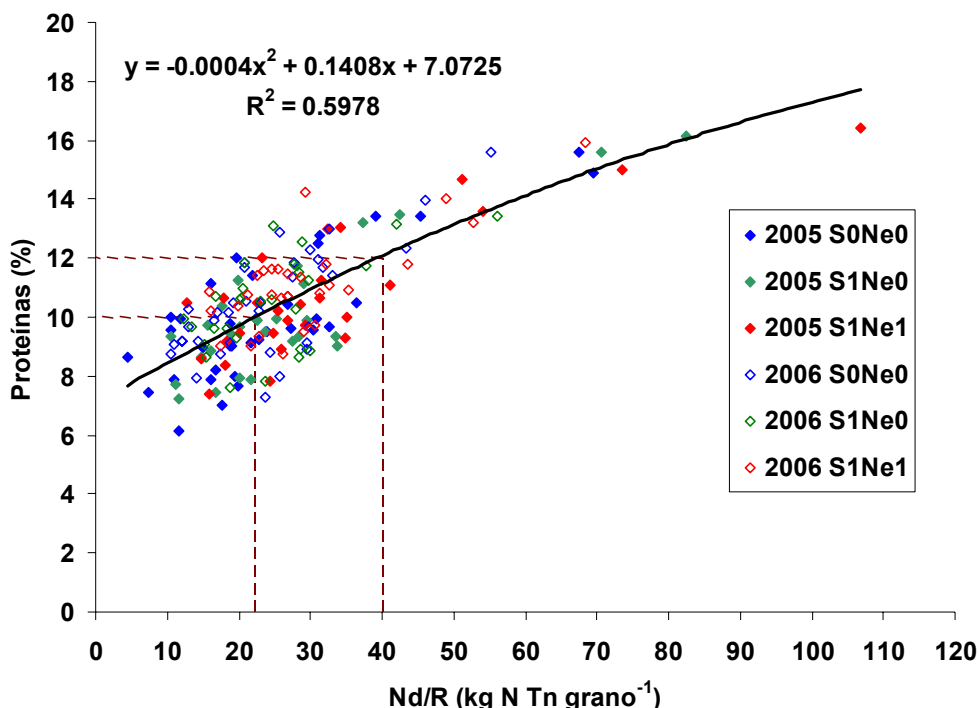


Figura 4: Relación entre el contenido proteico de los granos y el cociente entre la disponibilidad inicial de N en el suelo más el aportado por el fertilizante y el rendimiento obtenido (Nd/R). Se indica la ecuación ajustada ( $n = 183$ ). Cada punto indica la media de las 3 o 4 (de acuerdo al experimento)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

Antes de realizar la fertilización es posible estimar qué rendimiento se espera obtener en un lote. El modelo a continuación incluye como variable dependiente al rendimiento. Si se reemplaza en las ecuaciones el rendimiento observado por un rendimiento estimado previo a la fertilización, el modelo se transforma en predictivo: permite estimar los requerimientos de N para alcanzar un contenido proteico determinado. Es importante aclarar que las predicciones tienen un nivel de confiabilidad inferior a la que sugiere el  $R^2$  del modelo porque la estimación del rendimiento está sujeta a un error que puede ser muy importante.

Para calcular los requerimientos de fertilizante nitrogenado utilizando el modelo que emplea la relación Nd/R se debe:

1. Estimar, antes de fertilizar, un rendimiento esperado en el lote
2. Establecer que contenido proteico quiero obtener. A partir de ello se calcula el Nd/R empleando la tabla 2 o el gráfico 3
3. Determinar los nitratos presentes en el suelo hasta 60 cm de profundidad a la siembra Considerando que:

$$\text{Nd/R (kg N Tn grano}^{-1}\text{)} = \text{Nd (kgN ha}^{-1}\text{)} / \text{Rend (Tn grano ha}^{-1}\text{)} \text{ -Ecuación 1-}$$

$$\text{Nd (kgN ha}^{-1}\text{)} = \text{Nd/R (kg N Tn grano}^{-1}\text{)} \cdot \text{Rend (Tn grano ha}^{-1}\text{)} \text{ -Ecuación 2-}$$

Donde: Nd = N en nitratos hasta 60cm en siembra más N en el fertilizante, y Rend = rendimiento esperado

La ecuación 2 permite calcular el N en el suelo más el fertilizante que debemos alcanzar para obtener un determinado contenido proteico. Si le descontamos el N presente en el suelo a la siembra y el que aporta el fertilizante nitro-fosforado podemos calcular la dosis de fertilizante nitrogenado.

En el caso de inferirse un bajo contenido proteico, una alternativa para incrementarlo sin prescindir de la mayor eficiencia de las aplicaciones en siembra podría ser complementar la fertilización inicial con aplicaciones foliares durante anthesis-espigazón, en aquellos casos en que se identifique una alta probabilidad de obtener bajos niveles de proteína.

Esta herramienta ha sido utilizada con suceso para elevar los niveles de proteína en trigo pan y trigo candeal (Bergh et al., 2000; Loewy et al., 2004). Como esta aplicación se realiza cuando ya ha transcurrido una buena parte del ciclo del cultivo, se podría diagnosticar la necesidad de fertilizar con mayor precisión. En nuestro país, se ha logrado predecir satisfactoriamente la respuesta a la fertilización nitrogenada durante anthesis en trigo, mediante el índice de verdor en hoja utilizando el clorofilómetro Minolta Spad (Bergh et al., 2000). Sin embargo, en nuestra red este indicador no correlacionó con el porcentaje de proteína de los granos (Prystupa et al., 2008).

Las aplicaciones tardías de N por lo general no aumentan los rendimientos (Ferraris et al, 2008, Figura 5.a) pero tienen efectos sobre la proteína (Figura 5.b). El promedio de incremento en el porcentaje de proteína fue de 0,75 puntos, y su eficiencia de 0,0375% por kg N aplicado, un 25 % superior que la observada para aplicaciones al suelo a la siembra (0,03% N al suelo).

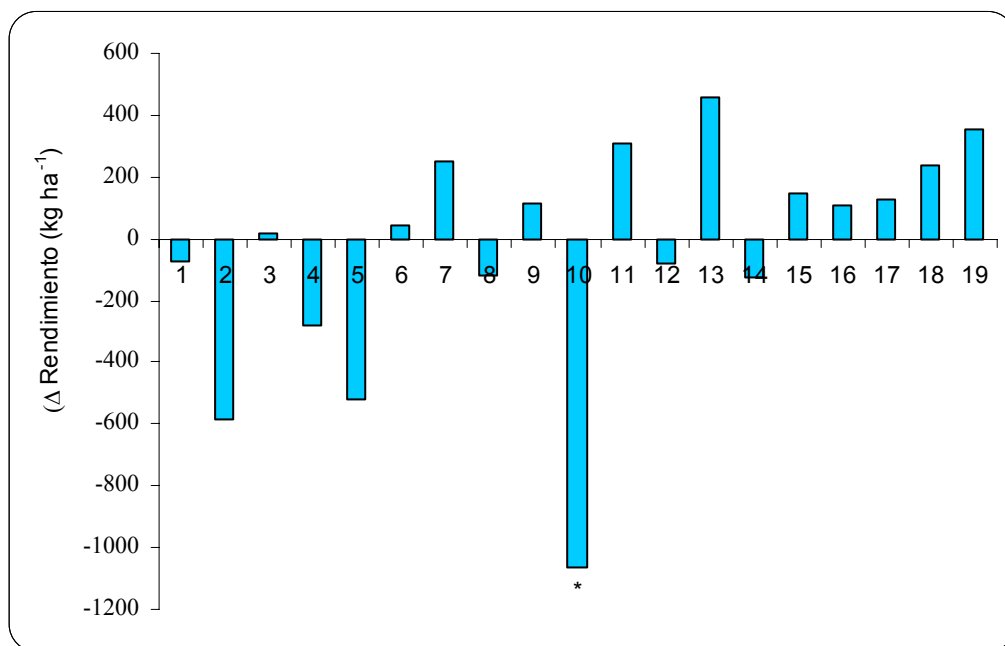


Figura 5.a

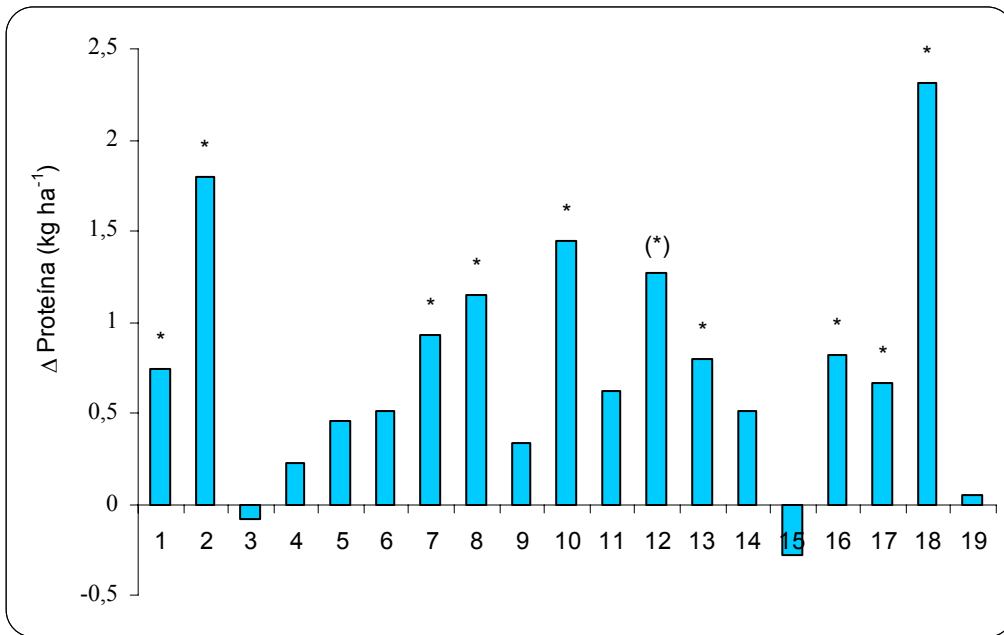


Figura 5.b

Figura 5: Diferencias en los rendimientos (5.a) y en el porcentaje de proteínas de los granos (5.b) por la aplicación de 20 kg ha<sup>-1</sup> de N foliar en antesis. Los símbolos representan diferencias significativas por efecto de tratamiento \* p<0.05, (\*) p<0.10, respectivamente. Tomado de Ferraris et al., 2008.

### 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.

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. En situaciones de alta respuesta a fósforo (P), una dosis insuficiente de N podría disminuir el contenido de proteína de los granos, por un efecto dilución ante incrementos en los rendimientos. El tamaño de los granos (calibre) no fue afectado por el agregado de P.

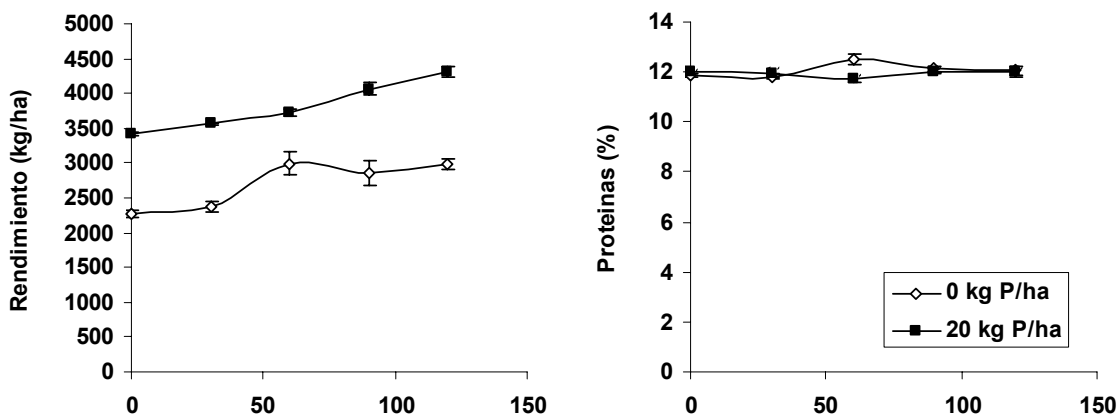


Figura 6.a

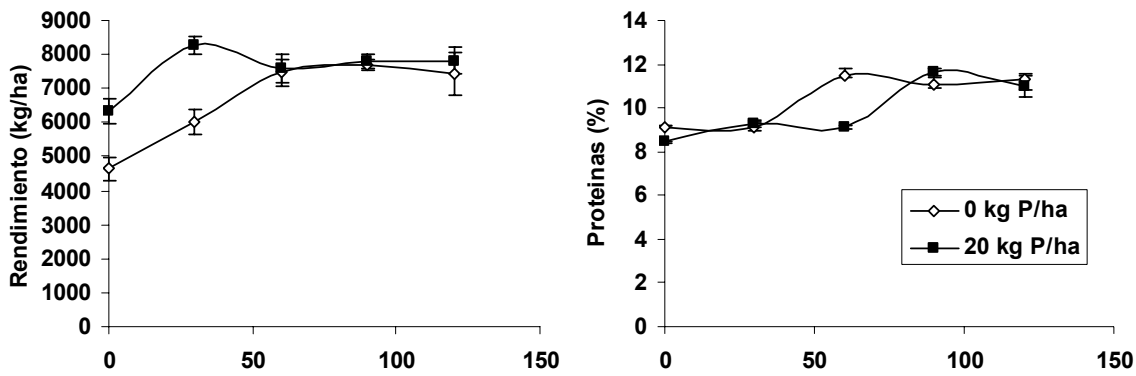


Figura 6.b

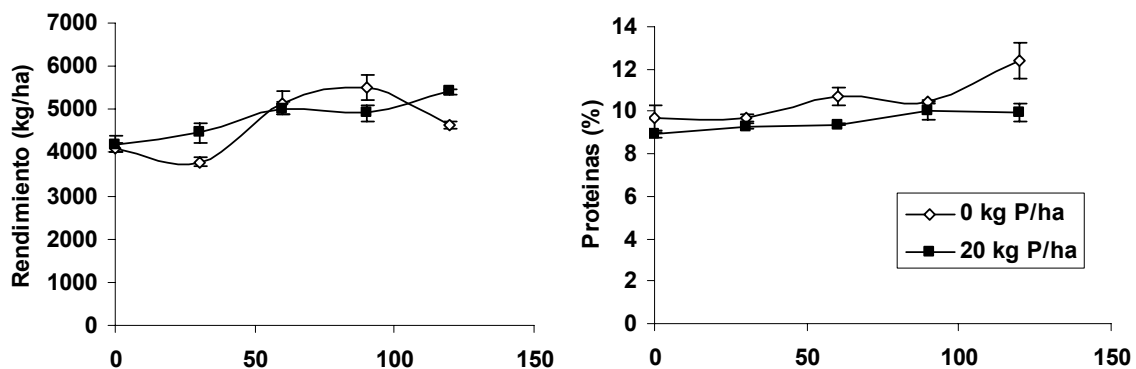


Figura 6.c

Figura 6: Rendimientos como resultado de la aplicación de diferentes dosis de fósforo y nitrógeno en las localidades de 9 de Julio (6.a), Arribeños (6.b) y La Trinidad (6.c) durante el año 2004. Tomado de Ferraris et al., 2005.

## b) 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. En estos dos experimentos la respuesta promedio fue de  $593 \text{ kg ha}^{-1}$ . Los ensayos con respuesta positiva correspondieron, en general, a los sitios con mayor rendimiento, ubicados en la región cebadera norte, en el partido de General Arenales (Figura 7). La respuesta promedio en todos los ensayos fue de  $112 \text{ kg ha}^{-1}$ . Esta información sugiere que las deficiencias de este elemento en los cultivos de cebada de la región pampeana aún no son generalizadas, aunque en ciertas situaciones puntuales pueden representar una limitante a la producción. La respuesta a la fertilización azufrada no se asoció a ninguna de las variables medidas, entre ellas, el análisis de S-Sulfatos a la siembra (Figura 7).

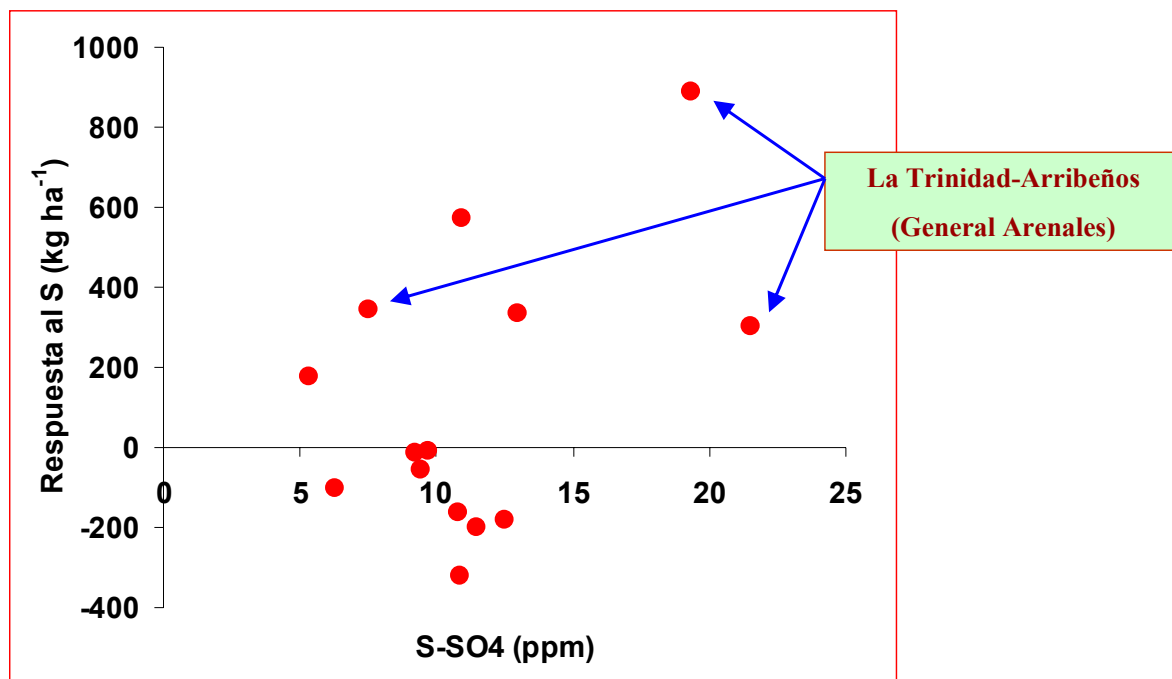


Figura 7: Respuesta a la fertilización azufrada en función de la concentración de  $S-SO_4^-$  presente en la capa de 0 a 20 cm del suelo durante la siembra. Las flechas señalan sitios de alto rendimiento localizados en el partido de General Arenales, con diferencias positivas por agregado de azufre. Tomado de Gutiérrez Boem et al., 2008.

### Efectos de otros nutrientes:

La información acerca de otros nutrientes es muy escasa e incipiente. En un ensayo realizado en la localidad de La Trinidad (General Arenales), la fertilización con cloruros (Cl) utilizando como fuente cloruro de potasio (KCl) disminuyó levemente el porcentaje de área foliar afectada por las principales enfermedades de este cultivo cuando no se usaron fungicidas (Tabla 1), e incrementó los rendimientos como complemento de estos (Figura 8). Los buenos resultados observados con este nutriente en trigo avalan profundizar los estudios iniciados.

Tabla 2: Área verde remanente y afectada por enfermedades en porcentaje, como resultado de la aplicación de cloruro de potasio (KCl) a la siembra en combinación con fungicidas en cebada. Evaluaciones realizadas en hoja bandera y prebandera en el estado de Zadoks 71. Ferraris & Couretot, inédito.

Hoja Bandera Tratamientos	Hoja verde remanente	Roya de la hoja Puccinia hordei	Mancha en red Drechslera teres	Mancha borrosa Bipolaris sorokiniana
Testigo	35	50	10	5
KCl 150 kg ha <sup>-1</sup>	35	35	10	10
Fungicida	45	30	10	5
KCl 150 kg ha <sup>-1</sup> + Fungicida	45	30	10	5

Hoja Pre-Bandera Tratamiento	Hoja verde remanente	Roya de la hoja Puccinia hordei	Mancha en red Drechslera teres	Mancha borrosa Bipolaris sorokiniana
Testigo	45	40	10	5
KCl 150 kg ha <sup>-1</sup>	50	25	10	5
Fungicida	70	10	5	5
KCl 150 kg ha <sup>-1</sup> + Fungicida	70	10	5	5

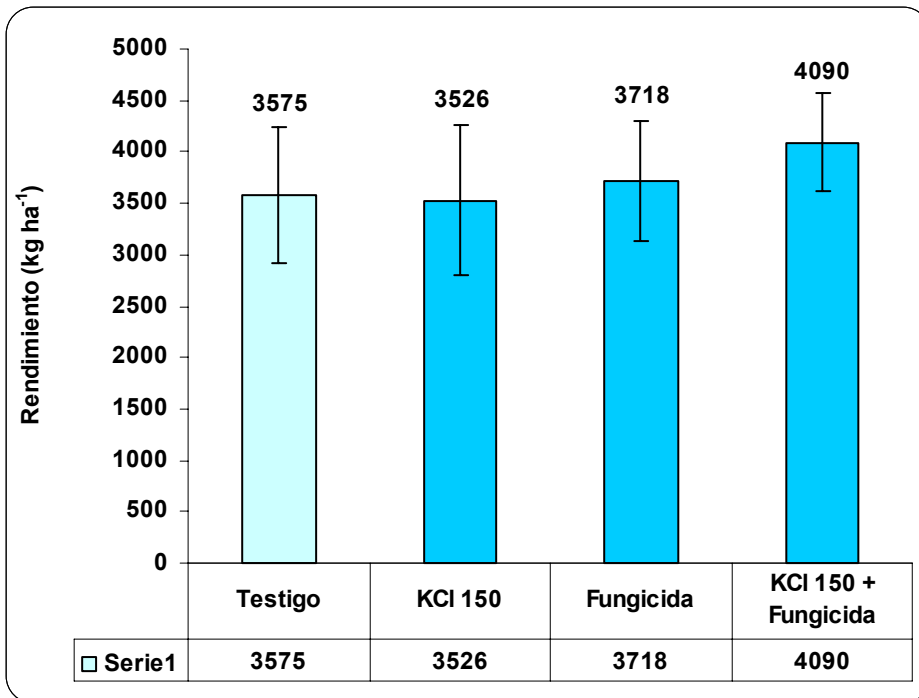


Figura 8: Rendimientos como resultado de la aplicación de cloruro de potasio a la siembra en combinación con fungicidas en cebada, en la localidad de La Trinidad (General Arenales). Ferraris & Couretot, inédito.

### La fertilización de la cebada y los rendimientos de los cultivos de segunda.

La secuencia de cultivos responde a un manejo integral de la fertilidad. En un ensayo realizado en La Trinidad (Ferraris et al., 2005), el agregado de N en cebada incrementó sus rendimientos, pero disminuyó la productividad de la soja (Figura 9). Por el contrario, el agregado de P no afectó la cebada, pero produjo una importante respuesta residual en soja de segunda. El agregado conjunto de NP, causó una interacción positiva sobre los rendimientos de cebada, pero tuvo un impacto negativo sobre la soja de segunda, que pudo ser revertido cuando se agregó S en Soja de segunda.

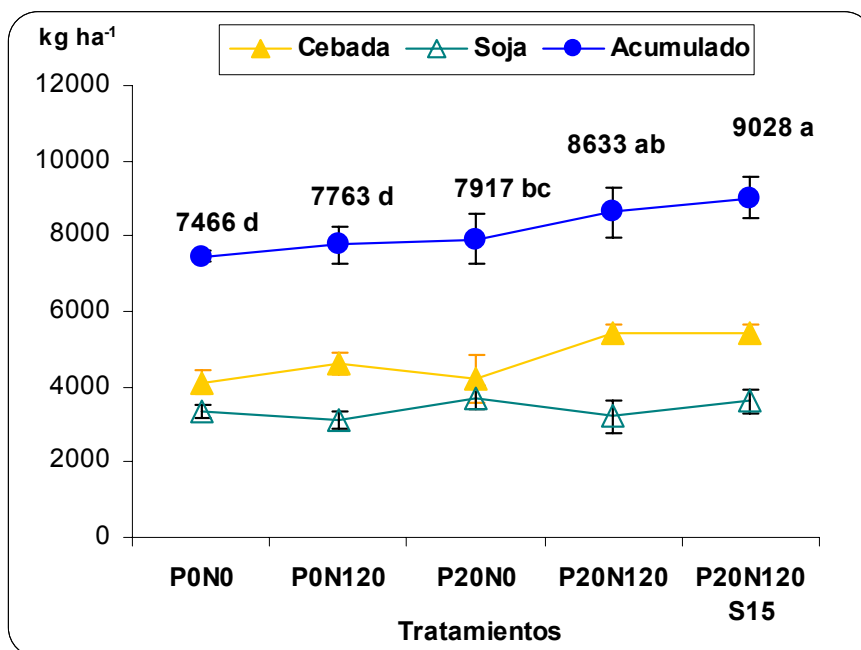


Figura 9: Rendimientos de cebada, soja y acumulados en la secuencia, como resultado de diferentes estrategias de uso de nitrógeno, fósforo y azufre. La Trinidad, General Arenales, campaña 2005/06. Tomado de Ferraris et al, 2006.

En el mismo sentido, 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). 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.

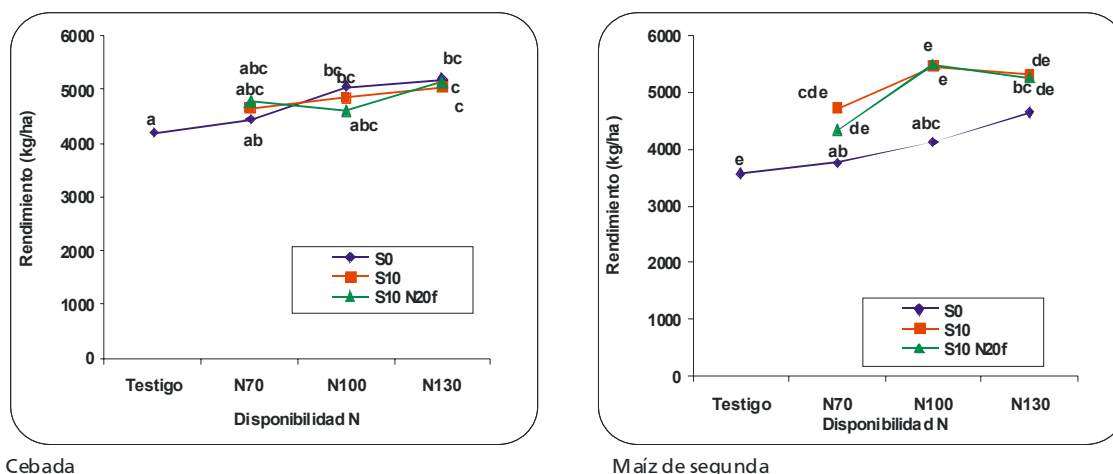


Figura 10: Rendimientos de la secuencia cebada-maíz, resultado de diferentes disponibilidades de nitrógeno inicial (suelo + fertilizante), azufre (como fertilizante) y nitrógeno foliar. Los tratamientos fueron aplicados en cebada. El maíz fue refertilizado de manera uniforme con 19 kg P y 64 kgN ha<sup>-1</sup>. La Trinidad, General Arenales, campaña 2006/07. Tomado de Ferraris et al, 2007.

## Aportes a la sustentabilidad del sistema productivo

El cultivo de cebada puede realizar un aporte de singular importancia a la sustentabilidad del sistema productivo, al constituir una herramienta de intensificación de las rotaciones. De hecho, puede considerarse que no necesariamente es un competidor del trigo en planteos de invierno, ya que puede integrarse como antecesor de cultivos de verano en una secuencia que integre al trigo en el ciclo anterior o posterior. La inserción de la cebada cervecera como antecesor de maíz en una secuencia trigo/soja de segunda-cebada/maíz de segunda representa una alternativa que permite incrementar la cosecha de grano y proteína, así como el aporte de carbono al sistema (Tabla 3), aún en comparación a secuencias intensivas como trigo/soja de segunda-maíz. Esto permitiría disminuir los tiempos libres, emplear de manera uniforme a lo largo del año recursos como personal y maquinaria, y utilizar de manera más eficiente el agua y N remanente del otoño que, de otra manera, difícilmente sería aprovechada.

Tabla 3: Cosecha de grano, proteína y aportes de C al sistema simulados de rotaciones que difieren en su grado de intensidad.

	Rotación 1:1	Rotación 2:2			Rotación 4:3				
	Soja	Soja 1ra	Maíz	MEDIA	Soja 1ra	Trigo	Soja 2da	Maíz	MEDIA
Rendimiento	3700	3900	9500	6700	3900	4000	2500	10000	6800
Proteína %	38%	38%	9%		38%	11%	38%	9%	
Prot cosechada	1369	1443	855	1149	1443	440	925	900	1236
Aporte de C	6871	7243	13119	10181	7243	6000	4643	13810	10565

	Rotación 3:2				Rotación 4:2				
	Trigo	Soja 2da	Maíz	MEDIA	Trigo	Soja 2da	Cebada	Maíz	MEDIA
Rendimiento	4000	2500	10000	8250	4400	2750	4950	11000	11550
Proteína %	11%	38%	9%		11%	38%	10%	9%	
Prot cosechada	440	925	900	1133	484	1017,5	495	990	1493
Aporte de C	6000	4643	13810	12226	6600	5107	7425	15190	17161

## Conclusiones

\*La cebada cervecera es un cultivo que responde a la tecnología aplicada en fertilización de igual manera que otros cultivos, aunque a excepción del N, sus efectos han sido menos estudiados. Con el aporte de la nutrición el cultivo es una valiosa herramienta para intensificar el sistema, y facilitar el ingreso de nutrientes y carbono al mismo.

\*A la vez, plantea el dilema de obtener rendimiento con calidad, muchas veces contrapuesto, y del cual el manejo nutricional es un aspecto clave en su definición. Su entendimiento puede brindar herramientas de manejo extraordinarias, para el manejo de sistemas optimizados en cuanto a productividad, calidad, eficiencia y uso intensivo de los recursos.

## Bibliografía

\*Bergh R., A. Baez, A. Quattrocchio y M. Zamora. 2000. Fertilización nitrogenada para calidad en trigo candeal. *Informaciones Agronómicas* 7: 13-16.

\*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* Nº 11 *Informaciones Agronómicas* Nº 33 Instituto Internacional de nutrición de Plantas. Programa Latinoamérica – Cono Sur

\* 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).

\* 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).

\* Ferraris G., R. Bergh, T. Loewy, L. Ventimiglia , F.H. Gutierrez 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).

\* P. Prystupa, 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).

\*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. Falconi y M.E Camozzi. 2006 Efectos de la fertilización con nitrógeno en cebada cervecera. 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., P. Traficante, G. Gutiérrez Boem y P. Prystupa. 2005. 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.*

\*Loewy T., H.E. Echeverría y R. Bergh. 2004. Nitrógeno en trigo : Rendimiento y calidad panadera. II. Fertilización complementaria. VI Congreso Nacional de Trigo y IV Simposio Nacional de Cereales de Siembra Otoño-Invernal. Bahía Blanca, Pcia. de Buenos Aires: 153-154.

\*Prystupa P., F.H. Gutierrez Boem, F. Salvagiotti, Ferraris G. y L. Couretot. 2006. Measuring corn response to fertilization in the Northern Pampas. *Better Crops* 90: 25-27.

## APENDICE

Un ejemplo de uso del modelo de decisión para estimar dosis de nitrógeno considerando rendimiento y proteína en un rango óptimo  
(todos los cálculos son por hectárea)

Si en un lote

hay 50 kg de N como nitratos hasta los 60 cm de profundidad  
quiero obtener un contenido proteico de 11%  
estimo que el rendimiento será de 5000 kg ha<sup>-1</sup>  
planeo aplicar 50 kg de fosfato monoamónico por hectarea que contiene 5,5 kg de N

En la Tabla 6 o en la figura 5 puedo estimar que para obtener 11% de proteínas debo disponer 30,824 kgN Tn de grano<sup>-1</sup>.

Considerando que el rendimiento será de 5000 kg (o 5 Tn):

$$5 \text{ Tn} \cdot 30,8 \text{ kg N Tn} = 154 \text{ kg N}$$

El N disponible puede provenir del suelo o de los fertilizantes. En este lote disponemos de 50 kg N

$$N_{\text{fertilizante}} = N_{\text{disp total}} - N_{\text{suelo}} = 154 \text{ kg N} - 50 \text{ kg N} = 104 \text{ kgN}$$

Pero vamos a aplicar 5,5 kg N con el fosfato monoamónico

$$N_{\text{fertilizante nitrogenado}} = N_{\text{fertilizante}} - N_{\text{fertilizante nitrofosforado}}$$

$$N_{\text{fertilizante nitrogenado}} = 104 \text{ kg N} - 5,5 \text{ kg N} = 98,5 \text{ kg N}$$