

Módulo de Investigación del Proyecto Fertilizar A. C. - INTA

FERTILIZACIÓN NITROGENADA Y AZUFrada EN CEBADA CERVECERA

Informe de los resultados de la campaña 2005

Introducción

La cebada producida en nuestro país tiene como destino casi exclusivo la elaboración de malta. Entre las características deseadas, en una cebada destinada a este fin, se encuentran un tamaño de grano (calibre) grande y un contenido proteico mayor a 10% y menor a 12%. Durante la comercialización, las partidas de cereal que no cumplen con estos requisitos reciben importantes descuentos en el precio. Los contenidos proteicos excesivamente altos han constituido el principal problema relacionado a la calidad en las variedades cultivadas en nuestro país. Sin embargo, en los últimos años se han liberado al mercado variedades, como los cultivares Scarlett o Quilmes Ayelén, que suelen presentar concentraciones de proteínas excesivamente bajas (Matthiess et al., 2002; Michiels y Degenhart, 2004).

En situaciones de deficiencia de nitrógeno, la fertilización nitrogenada de cebada cervecera aumenta los rendimientos pero puede, a la vez, incrementar el contenido proteico de los granos y disminuir el calibre. Existe escasa información acerca de la respuesta a la fertilización nitrogenada en estas nuevas variedades. Matthiess et al. (2002), en una red de ensayos de fertilización nitrogenada realizados en el sur de la provincia de Buenos Aires con la variedad Scarlett, no pudieron establecer un método de diagnóstico para las deficiencias de nitrógeno, pero observaron que con disponibilidades de hasta 150kg N ha⁻¹ el contenido proteico no superaba el 12%. La difusión de estas variedades han generado un nuevo desafío tecnológico: ¿cómo obtener contenidos proteicos que no sean ni demasiado bajos ni demasiado altos?

La fertilización nitrogenada durante siembra o macollaje producen incrementos en el contenido proteico de los granos (Landriscini et al., 2002; Loewy y Ron, 2001). Es difícil predecir, en las primeras etapas del cultivo, el contenido proteico que se logrará con una determinada dosis de fertilizante porque las condiciones climáticas a lo largo del ciclo afectan marcadamente esta respuesta.

Una alternativa para balancear el rendimiento y la proteína de los granos podría ser complementar las fertilizaciones nitrogenadas, realizadas entre siembra y macollaje, con aplicaciones foliares durante antesis-espigazón. En Canadá se ha observado que las aplicaciones durante esta etapa suelen producir aumentos del contenido proteico con pocos cambios del rendimiento (Bulman y Smith, 1993a; 1993b). En nuestro país, en cambio, se han observado simultáneamente aumentos de rendimiento y proteínas con aplicaciones en este estadio 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, resulta más fácil diagnosticar la necesidad de fertilizar. El diagnóstico en este estadio puede realizarse mediante medidas realizadas en la planta. En nuestro país, se ha logrado predecir satisfactoriamente la respuesta a la fertilización nitrogenada, durante antesis en trigo, mediante el índice de verdor en hoja utilizando el clorofilómetro Minolta Spad (Echeverría y Studdert, 2001; Bergh et al., 2000; 2004).

Las principales limitantes nutricionales para la productividad de los cultivos en la región pampeana son las deficiencias de nitrógeno y fósforo. Pero, en los últimos años, se han observado respuestas a la fertilización azufrada en diversos cultivos, por ej. soja (Ferraris et al., 2004); maíz (Prystupa et al., 2006); trigo (Fernandez et al., 2004; Klein, 2003). En la bibliografía internacional se describen respuestas a de fertilización con azufre en cebada (Zhao et al., 2006). Es posible que en los cultivos de cebada de la región pampeana existan deficiencias de estos nutrientes que puedan afectar el rendimiento y/o la calidad de los granos.

Los objetivos de este plan de trabajo son:

- a) Evaluar diferentes estrategias de fertilización nitro-azufrada en cebada cervecera cv Scarlett, orientadas a compatibilizar altos rendimientos con adecuada calidad comercial.
- b) Determinar si la medición del índice de verdor contribuye al diagnóstico de aplicaciones complementarias de N foliar en espigazón.

Materiales y Métodos

El programa comprende tres campañas del cultivo, de manera que la información obtenida permita elaborar criterios de recomendación de fertilización. Durante cada campaña se realizarán 9 experimentos, distribuidos en el sudeste, sudoeste y centro norte de la provincia de Buenos Aires. En el presente informe se describen y analizan los resultados obtenidos durante el primer año de experimentación. Algunas características salientes de los sitios experimentales se describen en la Tabla 1.

Los tratamientos a evaluar correspondieron a la combinación de distintos niveles de fertilización nitrogenada y azufrada a la siembra y fertilización nitrogenada en espigazón. Los diferentes niveles de N inicial se establecieron como la suma del N como nitratos presente en el suelo antes de la siembra hasta 60 cm de profundidad y el N aplicado en el fertilizante. La fertilización nitrogenada foliar en espigazón se realizó aplicando sobre el canopeo urea en solución con bajo contenido de biuret. En los ensayos 1, 2, 3, 7, 8 y 9 se emplearon los tratamientos detallados en la tabla 2. En los ensayos 4, 5 y 6, la disponibilidad inicial de N en las parcelas sin fertilizar fueron similares a los propuestos para el segundo nivel de N (70 kg N ha^{-1}), por lo que se decidió emplear otros niveles de disponibilidad nitrogenada según se detalla en la tabla 3.

Tabla 1: Algunas características de los ensayos realizados

Nº	Localidad	Partido	Labranza	Años de agricultura	Tipo de suelo	Antecesor	Siembra
1	Micaela Cascallares	Tres Arroyos	S.D.	>10	Argiudol típico	Trigo	12/7
2	San Francisco Belloq	Tres Arroyos	L.C.	>20	Hapludol típico	Girasol	20/7
3	Puan	Puan	L.C.	6	Haplustol típico	Avena	7/7
4	Coronel Suarez	Coronel Suarez	L.C.	>10	Argiudol típico	Trigo	7/7
5	La Trinidad	General Arenales	S.D.	>20	Argiudol típico	Soja	8/7
6	Arribeños	General Arenales	S.D.	>20	Hapludol típico	Soja	7/7
7	Dennehy	9 de Julio	L.C.	7	Hapludol éntico	Soja	20/6
8	Junín	Junín	S.D.	>20	Hapludol éntico	Soja	3/7
9	Baigorrita	General Viamonte	L.C..	>10	Hapludol típico	Soja	29/6

Tabla 2: Tratamientos realizados en los ensayos 1, 2, 3, 7, 8 y 9

	N inicial (N-NO ₃ en el suelo + N del fertilizante)	Cantidad de nutriente aplicar	
		S en siembra	N en espigazón
1	Testigo	0	0
2	70	0	0
3	100	0	0
4	130	0	0
5	70	10	0
6	100	10	0
7	130	10	0
8	70	10	20
9	100	10	20
10	130	10	20

Tabla 3: Tratamientos realizados en los ensayos 4, 5 y 6

	N inicial (N-NO ₃ en el suelo + N del fertilizante)	Cantidad de nutriente aplicar	
		S en siembra	N en espigazón
1	Testigo	0	0
2	100	0	0
3	130	0	0
4	160	0	0
5	100	10	0
6	130	10	0
7	160	10	0
8	100	10	20
9	130	10	20
10	160	10	20

El diseño experimental fue de bloques completos aleatorizados con tres repeticiones, excepto en los ensayos 8 y 9 donde se realizaron cuatro repeticiones. Se empleó la variedad Scarlett y se realizaron las prácticas culturales habituales para cada región. La fertilización nitrogenada inicial y azufrada se realizó durante macollaje en los ensayos realizados en el sur de la provincia (1, 2, 3 y 4) e inmediatamente después de la siembra en los realizados en el norte de la provincia (5, 6, 7, 8 y 9). Se aplicó urea y sulfato de calcio al voleo en todos los experimentos, excepto en los ensayos 3 y 4 donde se emplearon tiosulfato de amonio y UAN. La fertilización nitrogenada en espigazón se realizó aplicando solución de urea de bajo biuret mediante pulverizadoras de mochila.

Se registró la fecha de espigazón. Previo a la aplicación foliar, se determinó el índice de verdor, mediante el clorofilómetro Minolta-Spad. En el cultivo de trigo esta medición se realiza usualmente en la hoja bandera. Dado que la hoja bandera en cebada es muy pequeña, la medición se realizó en la anteúltima hoja en 20 plantas por parcela.

La cosecha se realizó en forma manual y se trilló en trilladoras estacionaria. Las determinaciones de calibre y contenido proteico del grano fueron gentilmente realizadas por Maltería Pampa. El calibre se determinó mediante zaranda calibradas y el contenido proteicos mediante espectroscopia de infrarrojo cercano (NIR).

Los resultados se analizaron por análisis de varianza. Cuando el efecto de los tratamientos fue significativo, se realizaron contrastes planeadas entre medias utilizando diferencia mínima significativa según lo detallado en la tabla 4. Para determinar el efecto simple del N inicial, la interacciones entre el N inicial y el S y la interacción entre el N inicial y el N en espigazón, se combinaron contrastes ().

Tabla 4: Contrastes entre tratamientos empleados en el análisis estadístico

Contraste N°	Tratamientos	Efecto
1	1 vs (2, 3 y 4)	N inicial
2	2 vs (3 y 4)	
3	3 vs 4	
4	(2, 3 y 4) vs (5, 6 y 7)	S
5	(2, 6 y 7) vs (5, 3 y 4)	N inicial X S
6	(3 y 7) vs (4 y 6)	
7	(5, 6 y 7) vs (8, 9 y 10)	N espigazón
8	(5, 9 y 10) vs (8, 6 y 7)	N inicial X N espigazón
9	(6 y 10) vs (8 y 7)	

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1) Suelos

Los resultados de los análisis de suelo se detallan en la Tabla 5. En los ensayos realizados en el norte de la provincia (6 a 8) los suelos fueron más ácidos y tendieron a presentar menores contenidos de sulfatos.

Tabla 5: Principales características químicas de los suelos de los ensayos

Sitio	Localidad	pH	MO	P _{Bray1}	N-NO ₃	S-SO ₄
		0-20 cm	(%) 0-20 cm	(ppm) 0-20 cm	(kg ha ⁻¹) 0-60 cm	(ppm) 0-20 cm
1	Micaela Cascallares	6.50	2.3	13.6	39.2	12.5
2	San Francisco Belloq	6.50	4.5	12.2	28.3	10.9
3	Puan	6.85	2.8	6.9	60.0	10.8
4	Coronel Suarez	6.20	4.1	13.0	70.0	9.7
5	La Trinidad	5.87	2.4	6.5	88.4	10.9
6	Arribeños	5.50	3.6	14.1	61.9	7.5
7	Dennehy	6.03	2.2	9.5	13.7	
8	Junín	5.53	1.3	5.3	46.2	5.3
9	Baigorrita	5.87	2.4	5.1	70.8	6.3

2) Rendimiento

En la Tabla 6 se presentan los promedios de los rendimientos de los distintos tratamientos en cada sitio. En la Tabla 7 se presentan las respuestas al nitrógeno inicial, al azufre y al nitrógeno en espigazón y el análisis de varianza correspondiente.

Tabla 6: Rendimientos de los tratamientos en cada sitio experimental. Cada valor es el promedio de 3 repeticiones en los sitios 1 a 7 y de 4 repeticiones en los sitios 8 y 9.

Sitio	Tratamientos									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	5272	6433	6720	6916	6282	6802	6441	6084	6554	6675
2	2711	3182	3205	2868	3955	3540	3475	2782	3502	2929
3	1614	1785	1480	1868	1651	1416	1579	1666	1634	1405
4	4166	5240	5412	5971	5336	5741	5525	4821	5229	5714
5	3958	4374	4783	4910	3950	4395	4754	4691	4801	5158
6	5917	5316	5999	5203	6248	5481	5817	5936	5587	6150
7	5102	5947	6255	6628	6620	6379	6548	7117	6741	6442
8	2857	3519	3294	3566	3495	3532	3888	3486	3424	3658
9		6041	5676	6703	6138	5961	6019	5685	6613	6170

Si bien esta red presentó una gran variabilidad de rendimientos entre ensayos, es interesante destacar el alto potencial de rendimiento alcanzado: en cuatro de los nueve ensayos se observaron rendimientos superiores a los 6000 kg ha⁻¹.

Se observaron respuestas significativas a la fertilización nitrogenada inicial en 4 de los 9 ensayos. En estos ensayos el rendimiento aumentó entre el 24 y 43% por efecto de la fertilización nitrogenada, lo que significó aumentos superiores a una tonelada de granos en tres ensayos. Cabe destacar que incluso en los cinco ensayos en que las diferencias no fueron significativas, también se observó una

tendencia general al aumento de los rendimientos (la respuestas “no significativas” promediaron 440 kg ha⁻¹).

Tabla 7: Respuesta al nitrógeno inicial (Ni), al azufre (S) y al nitrógeno en espigazón y análisis de varianza en cada sitio. La respuesta al Ni se calculó como la diferencia entre el tratamiento 1 y el máximo de los tratamientos 2,3 y 4. La respuesta al S se calculó como la diferencia entre los promedios de los tratamientos (2, 3 y 4) y (5, 6 y 7). La respuesta a Ne se calculó como la diferencia entre los promedios de los tratamientos (5, 6 y 7) y (8, 9 y 10).

Sitio	Respuesta (kg ha ⁻¹)			Análisis de varianza (p)				
	Ni	S	Ne	Ni	S	Ni x S	Ne	Ni x Ne
1	1644	-181	-71	0.021	NS	NS	NS	NS
2	494	572	-586	NS	NS	NS	NS	NS
3	254	-162	20	NS	NS	NS	NS	NS
4	1805	-7	-279	0.001	NS	NS	NS	NS
5	952	-323	517	0.001	0.013	NS	0.001	NS
6	82	343	42	NS	NS	NS	NS	NS
7	1526	239	251	0.031	NS	NS	NS	NS
8	709	179	-116	NS	NS	NS	NS	NS
9	662	-101	117	NS	NS	NS	NS	NS

El rendimiento relativo de los diversos ensayos se relacionó a la suma del nitrógeno disponible en el suelo y el agregado con el fertilizante mediante una función cuadrática con un ajuste aceptable ($r^2 = 31.4\%$, Fig. 1). Se obtuvo un rendimiento relativo del 90% con 84 kg N ha⁻¹ y un 95% con 146 kg N ha⁻¹. Cuando se ajustó una curva del tipo lineal-*plateau* se obtuvo un ajuste menor ($r^2 = 25,4\%$) y un umbral de 78 kg N ha⁻¹. El nitrógeno es un nutriente móvil y por lo tanto las dosis óptima tiende a aumentar en aquellos sitios con mayores potenciales de rendimiento. En consecuencia, aquellos sitios con menores potenciales de rendimiento llegan al 100% del rendimiento relativo con dosis bajas y tienden a disminuir los umbrales hallados mediante este método.

Analizando los rendimientos absolutos se puede observar que los ensayos que tuvieron rendimientos máximos menores a 4500 kg ha⁻¹ (Puan, San Francisco Belloq y Junín) no respondieron a la fertilización nitrogenada (Fig. 2, Tabla 7). De los seis ensayos cuyos rendimientos máximos superaron esta cifra, cuatro respondieron significativamente al nitrógeno inicial. En estos seis ensayos, los rendimientos máximos se obtuvieron con dosis de entre 100 y 130 kg N ha⁻¹, valores superiores al umbral determinado mediante los rendimientos relativos. La cantidad de ensayos realizados es pequeña para sacar conclusiones definitivas, pero con la información disponible se podría sugerir usar un objetivo de N inicial de al menos 84 kg N ha⁻¹, e incrementarlo hasta valores entre 100 y 130 kg N ha⁻¹ en sitios con alto potencial de rendimiento.

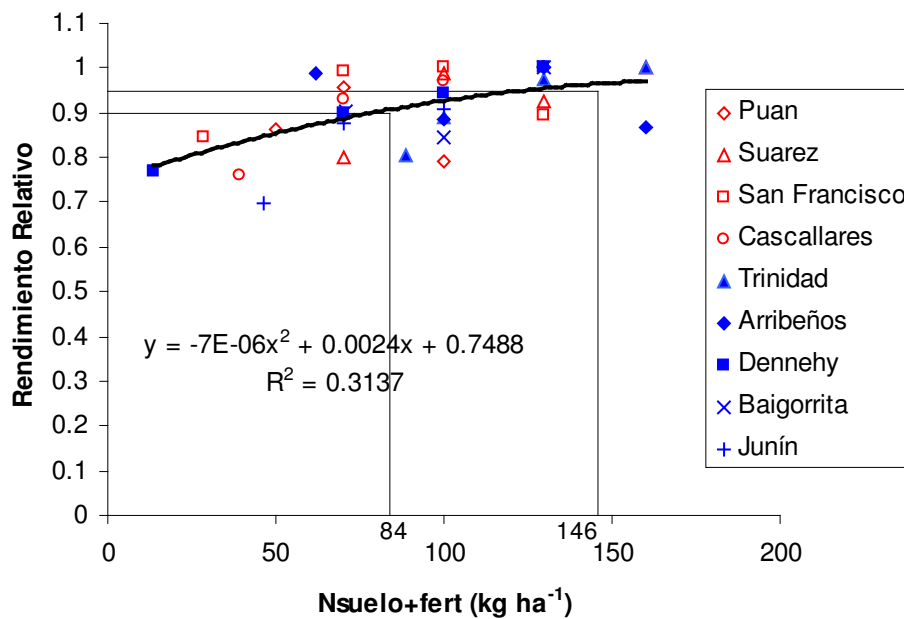


Figura 1: Rendimiento relativo en función de la suma del N-NO₃ presente en la capa de 0 a 60 cm del suelo durante la siembra y el N agregado como fertilizante durante la siembra y el macollaje.

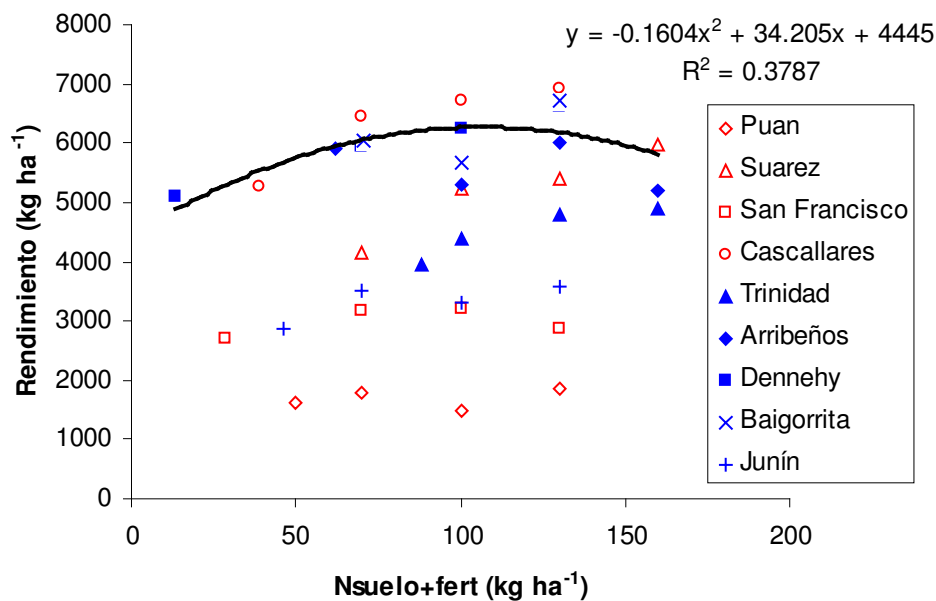


Figura 2: Rendimiento en función de la suma del N-NO₃ presente en la capa de 0 a 60 cm del suelo durante la siembra y el N agregado como fertilizante durante la siembra y el macollaje. La línea indica la función ajustada a los sitios de mayor rendimiento (Puan, San Francisco Belloq, Trinidad y Coronel Suarez).

La fertilización azufrada no incrementó significativamente los rendimientos en ninguno de los experimentos realizados. En el ensayo de Trinidad la aplicación de este elemento disminuyó significativamente los rendimientos. La aplicación de nitrógeno en espigazón sólo incrementó significativamente el rendimientos en el mismo ensayo, con lo que los rendimientos obtenidos en las parcelas con azufre y nitrógeno en espigazón tuvieron rendimientos similares a los que no habían recibido ni azufre ni nitrógeno en espigazón.

3) Contenido proteico de los granos

En la Tabla 10 se presentan los promedios de los rendimientos de los distintos tratamientos en cada sitio. En la Tabla 11 se presentan las respuestas al nitrógeno inicial, al azufre y al nitrógeno en espigazón y el análisis de varianza correspondiente. En los ensayos 8 y 9 las muestras obtenidas no alcanzaron para realizar una determinación por parcela por lo que se determinó el contenido proteico en muestra compuesta de los cuatro bloques por cada tratamiento. En estos ensayos no se pudo realizar el análisis estadístico correspondiente

Tabla 8: Contenido proteico de los granos en los tratamientos en cada sitio experimental. Cada valor es el promedio de 3 repeticiones en los sitios 1 a 7 y de 4 repeticiones en los sitios 8 y 9.

Sitio	Tratamientos									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	7.47	7.90	8.97	9.77	7.73	8.63	9.67	8.57	9.20	10.50
2	10.00	11.40	12.77	13.40	10.37	11.73	13.23	13.00	13.07	14.67
3	12.50	13.40	15.60	14.87	13.50	15.60	16.17	13.60	15.00	16.43
4	8.20	9.03	9.50	10.43	9.43	9.87	11.13	9.47	10.43	11.23
5	9.97	9.23	9.63	9.67	9.97	9.87	9.00	10.23	10.67	9.30
6	9.57	9.00	9.13	9.93	8.83	9.50	9.20	9.43	9.90	9.73
7	8.67	9.93	11.13	12.00	9.33	9.73	11.27	10.47	10.67	12.00
8	8.70	8.60	10.80	12.20	9.10	10.40	10.80	9.80	11.50	12.00
9		7.70	9.20	9.80	7.80	8.50	9.40	9.60	9.20	9.00

Tabla 9: Respuesta del contenido proteico de los granos al nitrógeno inicial (Ni), al azufre (S) y al nitrógeno en espigazón y análisis de varianza en cada sitio. La respuesta al Ni se calculo como la diferencia entre el tratamiento 1 y el máximo de los tratamientos 2,3 y 4. La respuesta al S se calculó como la diferencia entre los promedios de los tratamientos (2, 3 y 4) y (5, 6 y 7). La respuesta a Ne se calculó como la diferencia entre los promedios de los tratamientos (5, 6 y 7) y (8, 9 y 10).

Sitio	Respuesta (%)			Análisis de varianza (p)				
	Ni	S	Ne	Ni	S	Ni x S	Ne	Ni x Ne
1	2.30	-0.20	0.74	0.001	NS	NS	0.001	NS
2	3.40	-0.74	1.80	0.001	NS	NS	0.001	NS
3	3.10	0.47	-0.08	0.001	NS	NS	NS	NS
4	2.23	0.49	0.23	0.001	0.024	NS	NS	NS
5	-0.30	0.10	0.46	NS	NS	NS	NS	NS
6	0.37	-0.18	0.51	NS	NS	NS	NS	NS
7	3.33	-0.91	0.93	0.001	0.011	NS	0.008	NS
8	3.50	-0.43	1.00					
9	2.10	-0.33	0.70					

En general, los contenido proteico de los granos observados en esta red son bajos: en sólo dos ensayos se observaron valores superiores a 12.5%. Este valor es considerado excesivo de acuerdo a las condiciones comerciales utilizadas en los últimos años (Tabla 6). El contenido proteico de los granos fue mayor en aquellos experimentos donde el rendimiento fue menor: en Puan y San Francisco Belloq se obtuvieron los menores rendimientos y los mayores contenidos proteicos (Figs. 2 y 3).

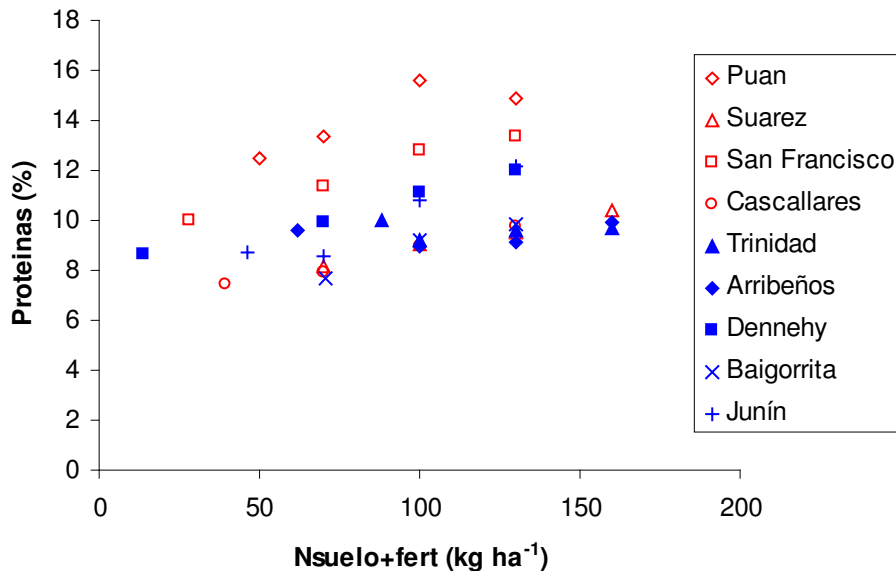


Figura 3: Contenido proteico de los granos en función de la suma del N-NO₃ presente en la capa de 0 a 60 cm del suelo durante la siembra y el N agregado como fertilizante durante la siembra y el macollaje.

La fertilización nitrogenada en siembra o macollaje incrementó significativamente el contenido proteico de los granos en 5 de los 7 experimentos analizados y también produjo importantes efectos en los dos experimentos no analizados estadísticamente. Excepto en los ensayos de Trinidad y Arribeños, la fertilización nitrogenada a la siembra o macollaje incrementó entre 2,1 y 3.5% el contenidos proteico de granos. Es interesante destacar que en todos los experimentos (con la excepción del de Puan) el contenido proteico obtenido con la máxima dosis de nitrógeno (tratamiento 4) fue superior al inmediatamente inferior (trat. 3). Esto indica que el efecto de este nutriente sobre el contenido de proteínas se prolonga hasta dosis mas altas que el efecto sobre el rendimiento.

En síntesis, el contenido de proteínas de los granos reflejó la relación entre la disponibilidad de nitrógeno y el rendimiento obtenidos tal como lo a propuesto Baethgen (1992). Cuando se obtienen altos rendimientos y/o la disponibilidad de nitrógeno es baja, el contenido proteico de los granos tiende a disminuir (Fig. 4)

La fertilización azufrada aumentó significativamente el contenido proteico en un ensayo y lo disminuyó en otro. Si se consideran los ensayos donde el efecto no fue significativo, tampoco se observó una tendencia a aumentar o a disminuir el contenido proteico del grano.

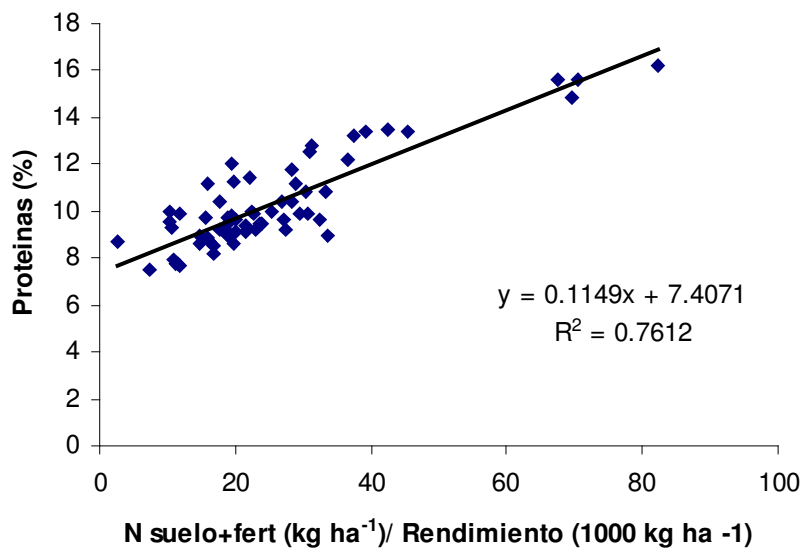


Figura 4: Relación entre el contenido proteico de los granos y el cociente entre la disponibilidad inicial de nitrógeno en el suelo mas el aportado por el fertilizante y el rendimiento obtenido.

La fertilización nitrogenada durante espigazón aumentó significativamente el contenido proteico de los granos en tres ensayos. Tanto en los ensayos en que los efectos no fueron significativos (excepto el ensayo de Trinidad) como en aquellos que no se analizaron estadísticamente la fertilización nitrogenada durante espigazón también tendió a aumentar las proteínas. Promediando los nueve ensayos, la fertilización durante espigazón incrementó el contenido proteico de los

granos en un 0.7%. Debe destacarse que las respuestas obtenidas en este estadio son inferiores a las que se obtienen durante siembra o macollaje.

El índice de verdor fue aumentado significativamente por la fertilización nitrogenada en siembra o macollaje en tres ensayos y no fue afectado por la fertilización azufrada (datos no mostrados). La respuesta del contenido proteico de los granos a la fertilización nitrogenada en espigazón tendió a disminuir cuando el índice de verdor aumentó. Si se descarta el experimento de Junín, con índices de verdor muy altos, se encontró una asociación lineal negativa con un r^2 de 29.8% (Fig.5).

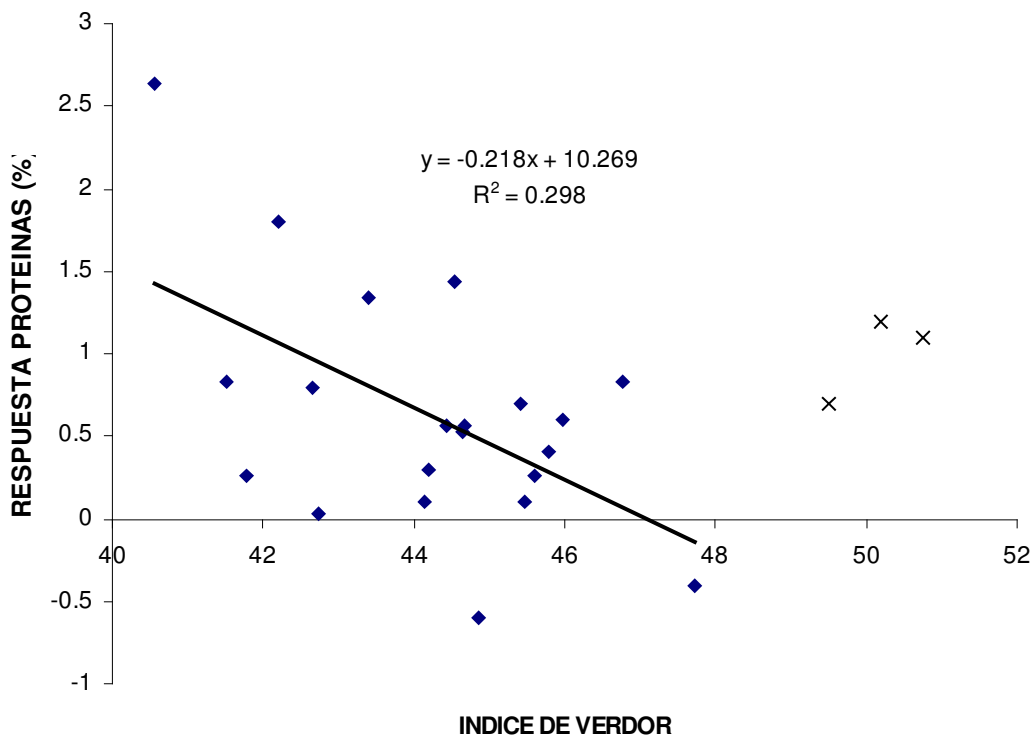


Figura 5: Relación entre la respuesta del contenido proteico de los granos a la fertilización durante espigazón y el índice de verdor de la anteúltima hoja. Las cruces indican los datos provenientes del ensayo de Junín que no fueron incluidos en la regresión.

3) Calibre de los granos

De acuerdo a los estándares de comercialización vigentes, el calibre de los granos se determina como el porcentaje de una muestra que es retenida por encima de una zaranda de 2.5mm. En la Tabla 10 se presentan los promedios de los rendimientos de los distintos tratamientos en cada sitio. En la Tabla 11 se presentan las respuestas al nitrógeno inicial, al azufre y al nitrógeno en espigazón y el análisis de varianza correspondiente.

La fertilización nitrogenada inicial tendió a disminuir los calibres: en cuatro de los nueve ensayos esta diferencia fueron significativas. La fertilización

azufrada, en cambio tendió a incrementar los calibres: en tres ensayos estas diferencias fueron significativas. En todos los casos, la magnitud de los efectos no fue muy importante.

Tabla 10: Calibre de los granos (%) en los tratamientos en cada sitio experimental. Cada valor es el promedio de 3 repeticiones en los sitios 1 a 7 y de 4 repeticiones en los sitios 8 y 9.

Sitio	Tratamientos									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	96.0	97.0	95.6	93.7	95.8	95.6	94.4	98.0	95.9	94.2
2	99.0	98.2	96.8	95.8	99.1	99.0	97.2	98.7	98.0	95.6
3	64.7	62.9	55.3	65.7	61.4	53.3	51.2	66.4	57.3	52.3
4	97.8	97.9	98.4	98.5	99.1	98.6	98.8	98.9	98.8	98.5
5	88.7	87.7	90.4	90.0	90.8	90.0	91.9	91.5	88.8	89.9
6	92.3	93.8	93.6	90.6	94.8	92.8	90.5	95.6	94.4	92.4
7	97.0	95.8	92.5	92.1	97.3	95.7	93.4	95.8	95.6	94.5
8	88.9	87.2	82.2	76.6	86.5	84.8	79.5	87.5	84.5	75.3
9		91.6	91.1	87.5	91.8	90.8	90.3	93.4	92.1	92.4

Tabla 11: Respuesta del calibre de los granos (%) al nitrógeno inicial (Ni), al azufre (S) y al nitrógeno en espigazón y análisis de varianza en cada sitio. La respuesta al Ni se calculó como la diferencia entre el tratamiento 1 y el máximo de los tratamientos 2,3 y 4. La respuesta al S se calculó como la diferencia entre los promedios de los tratamientos (2, 3 y 4) y (5, 6 y 7). La respuesta a Ne se calculó como la diferencia entre los promedios de los tratamientos (5, 6 y 7) y (8, 9 y 10).

Sitio	Respuesta (%)			Análisis de varianza (p)				
	Ni	S	Ne	Ni	S	Ni x S	Ne	Ni x Ne
1	1.0	-0.1	0.7	0.051	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.
2	-0.8	1.5	-1.0	0.006	0.007	N.S.	0.042	N.S.
3	1.0	-6.0	3.4	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.
4	0.7	0.5	-0.1	N.S.	0.039	N.S.	N.S.	N.S.
5	1.7	1.5	-0.8	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.
6	1.5	0.0	1.5	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.
7	-1.2	2.0	-0.2	0.003	0.018	N.S.	N.S.	N.S.
8	-1.7	1.6	-1.1	0.001	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.
9	0.0	0.9	1.6	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.

3) Granos bajo zaranda de 2.2 mm

De acuerdo a los estándares de comercialización vigentes, el porcentaje de granos bajo zaranda de 2.2 mm debe ser inferior a 3%. Por contenidos inferiores a este valor se realizan bonificaciones sobre los precios pactados. En la Tabla 12 se presentan los promedios de los rendimientos de los distintos tratamientos en cada sitio. En la Tabla 13 se presentan las respuestas al nitrógeno inicial, al azufre y al nitrógeno en espigazón y el análisis de varianza correspondiente. En forma complementaria a lo que sucedió con el calibre, la fertilización nitrogenada tendió a incrementar esta fracción y la fertilización azufrada tendió a disminuirla.

Tabla 12: Granos bajo zaranda de 2.2 mm (%) en los tratamientos en cada sitio experimental. Cada valor es el promedio de 3 repeticiones en los sitios 1 a 7 y de 4 repeticiones en los sitios 8 y 9.

Sitio	Tratamientos									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0.50	0.47	0.47	0.60	0.57	0.57	0.53	0.47	0.50	0.53
2	0.07	0.17	0.33	0.27	0.07	0.07	0.20	0.13	0.13	0.23
3	5.47	4.97	10.00	5.90	4.93	8.40	7.67	4.87	8.00	9.33
4	0.40	0.30	0.17	0.23	0.17	0.17	0.17	0.33	0.20	0.17
5	1.73	1.73	1.57	1.43	2.33	1.57	1.50	1.47	2.00	1.87
6	1.03	1.30	1.10	1.70	0.70	1.30	1.23	0.70	1.13	1.10
7	0.67	0.63	1.20	1.03	0.60	0.50	0.83	0.67	0.73	0.63
8	1.40	1.48	2.28	2.93	1.55	1.80	2.55	1.65	1.95	2.15
9		1.65	1.48	1.83	1.60	1.58	1.73	1.30	1.28	1.38

Tabla 13: Respuesta de la fracción de granos bajo zaranda de 2.2 mm de los granos (%) al nitrógeno inicial (Ni), al azufre (S) y al nitrógeno en espigazón y análisis de varianza en cada sitio. La respuesta al Ni se calculó como la diferencia entre el tratamiento 1 y el máximo de los tratamientos 2,3 y 4. La respuesta al S se calculó como la diferencia entre los promedios de los tratamientos (2, 3 y 4) y (5, 6 y 7). La respuesta a Ne se calculó como la diferencia entre los promedios de los tratamientos (5, 6 y 7) y (8, 9 y 10).

Sitio	Respuesta (%)			Análisis de varianza (p)				
	Ni	S	Ne	Ni	S	Ni x S	Ne	Ni x Ne
1	0.10	0.04	-0.06	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.
2	0.27	-0.14	0.06	0.056	0.016	N.S.	N.S.	N.S.
3	4.53	0.04	0.40	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.
4	-0.10	-0.07	0.07	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.
5	0.00	0.22	-0.02	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	0.066
6	0.67	-0.29	-0.10	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.
7	0.53	-0.31	0.03	0.009	0.006	0.035	N.S.	N.S.
8	1.53	-0.26	-0.05	0.001	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.
9	0.35	-0.26	-0.32	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.

Investigadores y experimentos

Ing. Agr. Ricardo Bergh (Chacra Experimental Integrada de Barrow, INTA-MAA): responsable de dos ensayos en el área de influencia de la chacra experimental.

Ing. Agr. Gustavo Ferraris (E.E.A. Pergamino, INTA): responsable de dos ensayos en el partido de General Arenales

Ing. Agr. Tomás Loewy (E.E.A. Bordenave, INTA): responsable de dos ensayos en el área de influencia de la estación experimental

Ing. Agr. Flavio H. Gutiérrez Boem e Ing. Agr. Pablo Prystupa (Facultad de Agronomía, U.B.A.): responsables de dos ensayos en el partido de Junín

Ing. Agr. Luis A. Ventimiglia (U.E.E.A. 9 de Julio, INTA): responsable de un ensayo en el partido de 9 de Julio

Redactó este informe Ing. Agr. Pablo Prystupa

Bibliografía

- Baethgen, W.T. 1992. Fertilización nitrogenada de cebada cervecera en el litoral oeste del Uruguay. INIA La Estanzuela. Serie Técnica 24. 59 pp
- Bergh R., A. Baez, A. Quattrocchio y M. Zamora. 2000. Fertilización nitrogenada para calidad en trigo candeal. *Informaciones Agronómicas* 7: 13-16.
- Bergh R., T. Loewy y H.E. Echeverría. 2004. Nitrógeno en trigo : Rendimiento y calidad panadera. II. Aplicación de las lecturas de índice de verdor. VI Congreso Nacional de Trigo y IV Simposio Nacional de Cereales de Siembra Otoño-Invernal. Bahía Blanca, Pcia. de Buenos Aires: 121-122.
- Bulman P. y D.L. Smith. 1993a. Grain protein response of spring barley to high rates and post-anthesis application of fertilizer nitrogen. *Agron. J.* 85: 1109-1113.
- Bulman P. y D.L. Smith. 1993b. Yield and yield component response of spring barley to fertilizer nitrogen. *Agron. J.* 85: 226-231.
- Echeverría H.E. y G.A. Studdert, 2001. Predicción del contenido de proteína en grano de trigo (*Triticum aestivum* L) mediante el índice de verdor de la hoja bandera. *Ciencia del Suelo* 19: 67-71.
- Fernandez, R., J. Galantini, M.R. Landriscini, A. Marinissen y M. Enrique. 2004. Respuesta a la fertilización con N y S en trigo con diferente antecesor.
- Ferraris, G., F. Salvagiotti, P. Prystupa & F.H. Gutiérrez Boem. 2004. Disponibilidad de azufre y respuesta de la soja de primera a la fertilización. XIX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, Paraná, Junio.
- Klein, R.F. 2003. Experiencias en fertilización balanceada de trigo/soja en Alberti (Buenos Aires). *Informaciones Agronómicas* 17: 1-6.
- Loewy, T. y M M Ron. 2000. Fertilización de cebada cervecera con nitrógeno y fósforo en el SO bonaerense. I Comparación directa con trigo. 17 Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, Mar del Plata, abril de 2000
- 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.
- Zhao F.J., S. Fortune, V.L. Barbosa, S.P. McGrath, R. Stobart, P.E. Bilsborrow, E.J. Booth, A. Brown y P. Robson. 2006. Effects of sulphur on yield and malting quality of barley. *J. Cereal Sci.* 43: 369–377.