

Fertilización Nitrogenada en Cebada Cervecera

Autores: Marcelo Echagüe, María Rosa Landriscini, Santiago Venanzi y Aurora Lázari.

Departamento de Agronomía, UNS. San Andrés 800. (8000) Bahía Blanca - Argentina.

Introducción A pesar de ser uno de los principales cultivos a nivel mundial (el 4º en importancia luego del trigo, maíz y arroz), la cebada en Argentina nunca ocupó una superficie de relevancia (3 a 5% respecto del trigo) (Savio, 1998). La producción de cebada cervecera (CC) en la Pcia. de Buenos Aires representa, históricamente, el 80% de la producción nacional. La zona sur está fuertemente definida como productora de CC, debido a su clima y suelos favorables para el cultivo, y a la presencia de una pujante industria maltera que, en los últimos años, ha hecho importantes inversiones en la zona. Las principales empresas asentadas son: Maltería y Cervecería Quilmes SAICAYG, Maltería Pampa SA y Cargill SA. A su vez, desde fines de los '80 productores del norte bonaerense se han decidido por esta alternativa. En ambas regiones, este cultivo tiene enormes posibilidades de crecimiento a partir de la fertilización nitrogenada ajustada, en tiempo y forma, a los requerimientos de cada suelo. El crecimiento previsto para la economía zonal requiere, ante todo, que la industria maltera sea abastecida con tonelajes suficientes, que cumplan los más estrictos requerimientos de calidad exigidos por las nuevas tecnologías. Entre los parámetros que tienen mayor incidencia comercial, el porcentaje de proteína es el de mayor relevancia. Valores óptimos estarían entre 10-11%, aunque existe una tolerancia hasta un 12%. Por otro lado, las partidas deben contener un elevado porcentaje de granos gruesos y enteros (> 85% sobre zaranda de 2,5 mm), condición que también es reconocida a la hora de fijar el precio. La difusión del cultivo es una alternativa válida para diversificar la producción. La CC alterna bien con el trigo porque no tiene las mismas enfermedades, el control de malezas gramíneas es más económico (se puede usar trifluralina sin riesgos), tiene menor requerimiento de Nitrógeno (N) y el rendimiento es algo superior. Consecuentemente, la difusión del cultivo dependerá de la posibilidad de obtener altos rendimientos y buena calidad. En Argentina, la totalidad del producto tiene como destino la industria maltera, a diferencia de Europa donde existe un mercado forrajero que absorbe el producto excedente o de mala calidad. La comercialización se realiza por medio de contratos, en los que se especifica la calidad que debe tener la mercadería. El incumplimiento de estas especificaciones provoca su rechazo para fines industriales, disminuyendo considerablemente su valor, lo que afecta la rentabilidad del cultivo y desalienta a los productores.

Fertilización El uso de fertilizantes en CC presenta varios aspectos que deben ser considerados para lograr el objetivo de altos rendimientos con buena calidad maltera, esto es, adecuado tenor proteico y calibre. Las aplicaciones tempranas de N pueden incrementar el rendimiento y disminuir el contenido proteico, debido a la conocida relación inversa entre rendimiento y proteína. El llenado del grano es una etapa fundamental no sólo sobre el rendimiento, sino sobre la calidad maltera. Si está limitado por altas temperaturas y/o estrés de agua, se corre el riesgo de que el grano resulte de alto contenido proteico. La interacción entre la disponibilidad de N y el agua es un factor muy importante a tener en cuenta. Aquí se presentan dos cuestiones a dilucidar: la primera es saber cuánto N disponible tiene el suelo y la segunda predecir el rendimiento. Los efectos de la fertilización nitrogenada sobre el rendimiento de la CC han sido medidos en varios ambientes

de la provincia de Buenos Aires. Ron y Loewy (1996) llevaron a cabo experimentos, entre 1994 y 1996, en el SO bonaerense. En suelos con altas deficiencias de N y fósforo, el fraccionamiento del N aplicado fue un recurso adecuado. En el norte de la provincia, en suelos con alta disponibilidad inicial de N, se observaron altos rendimientos con respuestas variables a la fertilización (Prystupa et al. 1998). No se han hecho estudios exhaustivos que conduzcan a la formulación de un método diagnóstico de fertilización nitrogenada en CC para determinar, en cada agroecosistema, una estrategia de fertilización que potencie la producción de granos pero no produzca sobrantes que se acumulen en los mismos. Por otro lado, sólo se incrementará el área de producción si existe la posibilidad de obtener buenos rendimientos y precios redituables por tonelada. Para el diseño de un buen método de diagnóstico deben considerarse las condiciones climáticas y edáficas, el uso previo del suelo, su nivel de P, las prácticas de fertilización (dosis, fuente, momento de aplicación y localización) y el ciclo del N de los fertilizantes bajo las condiciones agroecológicas estudiadas. La realización de experimentos a campo, de varios años de duración, con diseño y organización idénticos, en diferentes condiciones edáficas y climáticas, permite realizar generalizaciones sobre las prácticas de fertilización más adecuadas. Un proyecto de este tipo está siendo llevado a cabo por el Departamento de Agronomía de la Universidad Nacional del Sur, iniciado en 1998 y que se prolongará hasta el 2002. Dicho proyecto interdisciplinario cuenta con el apoyo de especialistas del mencionado Departamento, del INTA EEA Bordenave, de la CHEI Barrow y de las Empresas Maltería y Cervecería Quilmes SAICAYG y Maltería Pampa SA. La experiencia consiste de una red de ensayos de campo, ubicados en áreas de cultivo de la Pcia. de Buenos Aires, para evaluar los efectos de dosis y momentos de fertilización nitrogenada sobre el rendimiento y el contenido de proteína del grano de CC.

Ensayos En el año 1999 los ensayos se realizaron en las localidades de Alberti, Bordenave, Coronel Suárez, Tres Arroyos, San Mayol, Pigüe, Azul y Nueva Helvecia (Uruguay). En cada uno se estableció una unidad experimental, constituida por cuatro bloques completos aleatorizados, con siete tratamientos, a saber: Testigo, fertilizado con 30 kg N ha⁻¹ en emergencia, 30 kg de N ha⁻¹ en macollaje, 60 kg N ha⁻¹ en emergencia, 60 kg de N ha⁻¹ en macollaje, 30 kg N ha⁻¹ en emergencia + 30 kg N ha⁻¹ en macollaje, 90 kg N ha⁻¹ en emergencia y 120 kg de N ha⁻¹ en emergencia. El fertilizante nitrogenado utilizado fue urea, aplicado al voleo. La dimensión mínima de las parcelas fue de 2 x 7 m. La semilla utilizada fue Quilmes Palomar, con una densidad de 280 semillas viables m⁻². En todas las parcelas se aplicó superfosfato triple a la siembra, a razón de 20 kg P ha⁻¹. En San Mayol se aplicó 80 kg ha⁻¹ de fosfato diamónico. Se analizaron los siguientes parámetros: rendimiento de grano, % de proteína, calibre (% sobre zaranda de 2,5 mm), peso de mil granos, número de espigas m⁻² y rendimiento de materia seca total m⁻². Previo a la siembra, se extrajeron muestras de los suelos (0-20, 20-40 y 40-60 cm de profundidad) para evaluar algunas características químicas (en especial disponibilidad de N) y físicas de los mismos (Tabla 1).

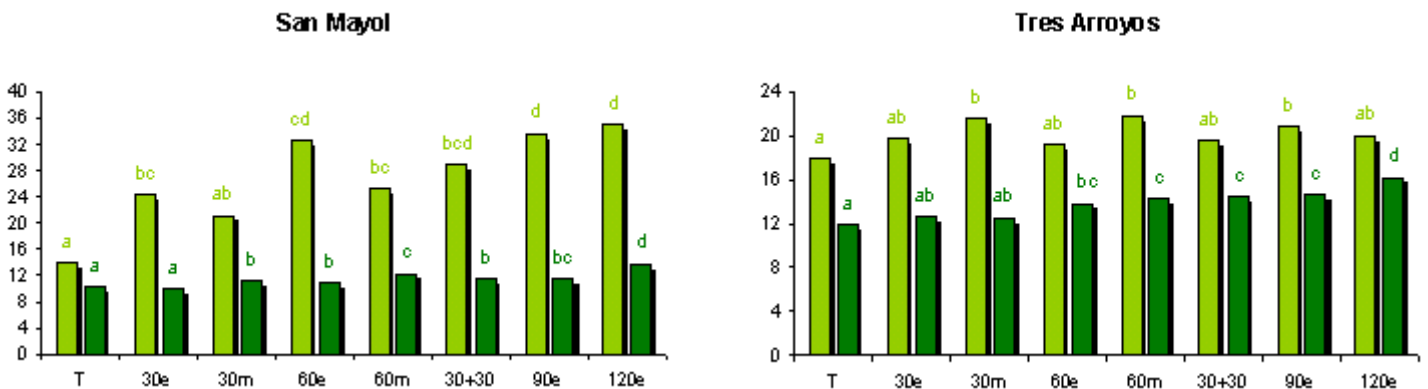
Resultados El año 1999 se caracterizó por presentar condiciones hídricas desfavorables (Tabla 1), especialmente durante la etapa de llenado de granos, que afectaron el desempeño del cultivo en forma variable, según la magnitud de las mismas y la capacidad de los suelos para almacenar agua.

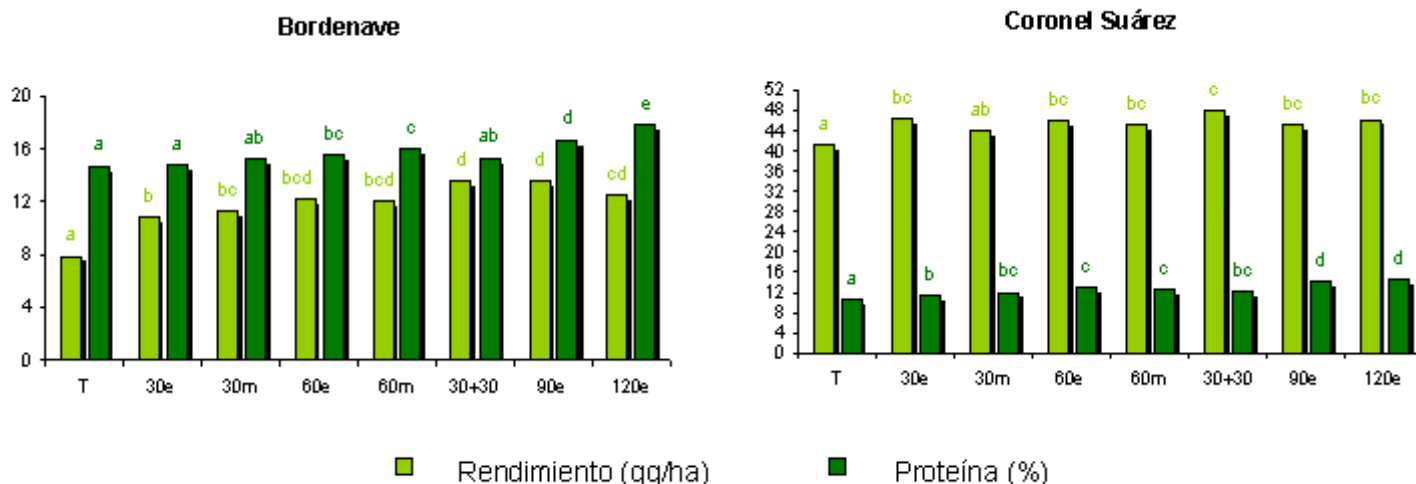
Tabla 1. Datos analíticos iniciales de los suelos estudiados en la profundidad 0-20 cm.

Sitios	Nt (%)	Ph	Pe (ppm)	MO (%)	Lluvia*(mm)
Bordenave	0,140	6,8	15,0	2,37	327,3 (296)
Tres Arroyos	0,192	5,6	8,4	3,71	319,3 (429)
San Mayol	0,225	5,2	9,9	4,44	395 (395)
Pigüe	0,175	6,0	8,6	2,95	256
Azul	0,189	6,3	23,0	3,60	294 (462)
Cnel. Suárez	0,185	6,0	13,3	4,20	221 (376)
Alberti	0,161	5,3	3,0	2,73	204,5 (454)
Uruguay	0,190	6,7	32,9	3,60	437,1

* Lluvias desde mayo (barbecho) a diciembre (cosecha); entre paréntesis media. Los rendimientos de los tratamientos testigo variaron entre 7,83 y 42,91 qq ha-1. Los menores valores se registraron en Bordenave, donde se produjo una importante helada durante el período de llenado de granos. Los tratamientos fertilizados produjeron respuestas en el rendimiento de magnitud variable y dependiente de la condición hídrica de cada sitio y/o de la capacidad del suelo para aportar N. Se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0,05$) en San Mayol, Coronel Suárez y Bordenave, y en Tres Arroyos ($p \leq 0,1$) (Fig 1).

Figura 1. Rendimiento y contenido de proteína de cuatro ensayos que constituyeron la red en el año 1999.





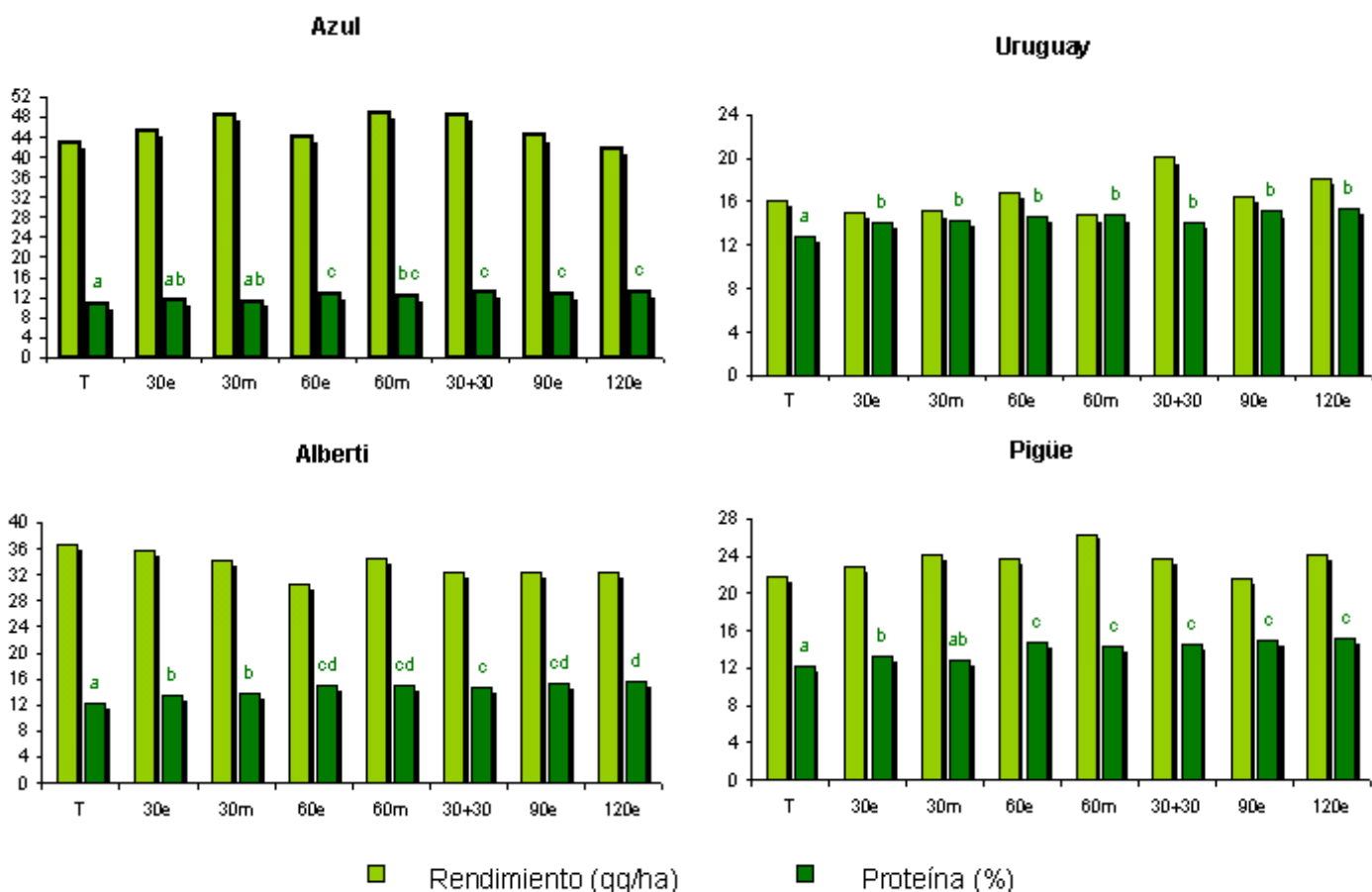
No se observaron diferencias significativas entre dosis de N y momentos de aplicación. En San Mayol, con baja disponibilidad inicial de N y lluvias oportunas, se observaron importantes respuestas, lográndose un incremento máximo del orden de los 20 qq ha⁻¹. En Alberti, afectado por una importante sequía, los rendimientos fueron elevados debido probablemente a la buena capacidad del suelo para retener humedad (Tabla 4) y (Fig.2). El índice de cosecha mostró diferencias significativas en Tres Arroyos, San Mayol (p£ 0,05) y Azul (p£ 0,1) (Tabla 2). No se observó una tendencia en la variación del mismo, por efecto de la fertilización.

Tabla 2. Índice de cosecha

Tratamiento	San Mayol	Tres Arroyos	Azul
Testigo	0,43 a	0,54 c	0,37 b
30e	0,44 a	0,49 bc	0,33 ab
30m	0,48 ab	0,50 bc	0,33 ab
60e	0,47 ab	0,46 ab	0,31 a
60m	0,48 b	0,51 bc	0,34 ab
30+30	0,44 ab	0,41 a	0,33 ab
90e	0,43 a	0,42 a	0,31 a
120e	0,44 ab	0,46 ab	0,31 a

Los porcentajes de proteína de los testigos oscilaron entre 10,2 y 14,7 %. En Bordenave, Alberti, Pigüe y Uruguay (Fig. 1 y 2), se superó el nivel máximo de proteína requerido para maltería (12%) sin fertilización, debido a condiciones desfavorables durante la etapa de llenado de granos (restricción hídrica y/o helada).

Figura 2. Rendimiento y contenido de proteína de cuatro ensayos que constituyeron la red en el año 1999.



En todos los sitios estudiados hubo aumento en el contenido de proteína por efecto de la fertilización nitrogenada ($p \leq 0,05$ y $\leq 0,1$). Las dosis de N necesarias para obtener un 12% de proteína, varió en cada sitio debido a las diferentes condiciones climáticas en la etapa fenológica de llenado de granos. En Tres Arroyos, ese valor se alcanzó con aplicaciones de 30 kg de N en emergencia; en Coronel Suárez, con 30 kg en macollaje; en Azul, con 60 kg en emergencia o macollaje; y en San Mayol, con 60 kg en macollaje o 120 kg en emergencia. En las localidades de Tres Arroyos, Azul, Alberti y Bordenave se encontraron diferencias significativas en el calibre de los granos ($p \leq 0,05$) (Tabla 3). Se observó que las aplicaciones de N que no produjeron aumentos de proteína por encima de 12%, dieron valores de calibre aptos para maltería, por lo que es factible suponer que el porcentaje de proteína es la limitante principal a la hora de decidir las dosis de fertilizante a aplicar.

Tabla 3. Calibre de los granos (% > 2,5 mm)

Tratamiento	Tres Arroyos	Azul	Alberti	Bordenave
	-----	---% de granos	> 2,5 mm--	-----
Testigo	94,5 c	90,25 d	86,75 b	78,75 abc
30e	91,3 bc	83,25 abc	86,25 b	81 c
30m	91,5 bc	87,75 cd	84,5 b	78,5 abc
60e	91 bc	86 bcd	80 a	80,5 c

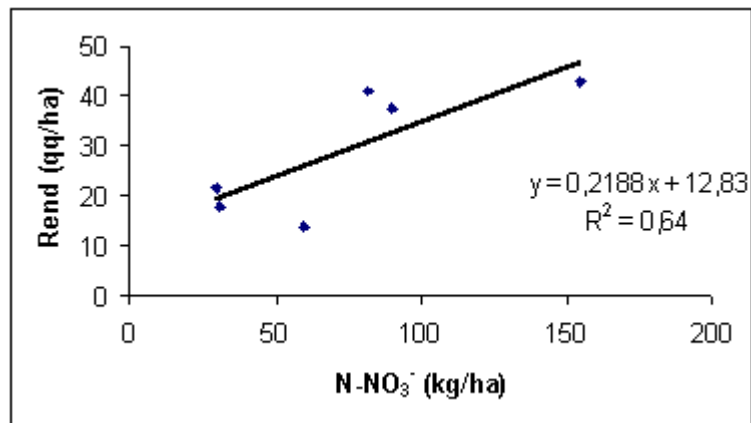
60m	81,75 b	84,75 abc	79 a	81,25 c
30+30	85,75 bc	79,75 a	79,5 a	79,25 bc
90e	81,5 b	82,5 ab	77,5 a	76,25 ab
120e	63,75 a	84,25 abc	76,25 a	75,25 a

Se analizaron las relaciones entre el N de los suelos, disponible a la siembra (Tabla 4), y los rendimientos de los tratamientos testigo, en 6 de los sitios estudiados. El mejor ajuste ($R^2= 0,62$ y $p\leq 0,05$) se observó para los kg ha^{-1} de N-NO_3^- determinados hasta los 40 cm de profundidad del suelo (Fig. 3).

Tabla 4. N disponible inicial (N-NO_3^- y N-NH_4^+), humedad y agua útil del perfil de los suelos de la red de ensayos.

Sitios	Prof. (cm)	N- NO_3^- (kg ha^{-1})	N- NH_4^+ (kg ha^{-1})	H(%)	Ag.Ut.(mm)
Bordenave	0-20	31,7	23,0	18,7	
	20-40	13,0	16,0	19,9	
	40-60	2,6	16,0	19,8	
Tres Arroyos	0-20	8,0	12,0	24,0	90
	20-40	22,7	38,5	21,3	
	40-50	14,6	29,5	29,1	
San Mayol	0-20	34,7	18,4	29,1	103
	20-40	24,7	4,5	28,3	
	40-60	17,0	29,7	25,2	
Pigüe	0-20	22,4	7,1	21,3	100
	20-40	7,7	16,4	21,3	
	40-60	5,6	22,4	21,0	
Azul	0-20	79,4	5,8	25,5	101
	20-40	75,3	21,2	25,5	
	40-60	50,8	12,7	27,9	
Cnel. Suárez	0-20	35,2	19,1	17,1	106
	20-40	46,6	10,6	22,7	
	40-60	10,8	8,6	23,1	
Alberti	0-20	44,2	15,7	17,2	123
	20-40	46,1	11,5	17,8	
	40-60	31,6	20,0	18,8	

Figura 3. Relación entre el N disponible del suelo (N-NO_3^-) hasta 40 cm de profundidad y el rendimiento de los tratamientos sin fertilizar.



En conclusión, los resultados obtenidos durante la campaña 1999 sugieren que es posible la fertilización nitrogenada en CC, sin afectar negativamente la calidad industrial de los granos. La tecnología de la fertilización debería ajustarse a las condiciones agroclimáticas de cada lugar.

Agradecimientos

Este trabajo fue financiado con fondos aportados por la ANPCyT PICT N° 08-00061, y el CONICET PIP N° 0280/98. Los autores agradecen la colaboración de los Ings. Agrs. A. Aguinaga (Cervecería y Maltería Quilmes SAICAYG), A. Smith y M. Serre (Maltería Pampa SA), T. Loewy (INTA EEA Bordenave), R. Bergh (CHEI Barrow) y M. Cledou (productor Pigüe).

Referencias

- Prystupa P, Scheiner JD, Martínez D, Lavado RS. 1998. Fertilización nitrogenada de cebada cervecera en dos ambientes del norte de la provincia de Bs.As. IV Congreso Nacional de Trigo. Actas 3-57.
- Ron M, Loewy T. 1996. Análisis de la respuesta de cebada cervecera a N y P en tres suelos del sudoeste bonaerense (Argentina). Ciencia del Suelo 14:47-49.
- Savio H N. 1998. Cebada cervecera - Situación actual y futura. IV Congreso Nacional de Trigo y II Simposio Nacional de Cereales de Siembra Otoño-Invernal. Actas 6-05.