

# Fertilización foliar con cobre: ¿aumenta el contenido proteico de los granos en cebada cervecera?

Eduardo A. Lemos<sup>1</sup>, María Guadalupe Tellería<sup>1</sup>, Miguel A. Vergara<sup>1,2</sup> y Pablo Prystupa<sup>2</sup>

## Introducción

La fertilidad natural de los suelos de la región pampeana ha permitido sostener la producción agrícola y ganadera durante varias décadas con un muy bajo uso de fertilizantes. La continua exportación de nutrientes por los cultivos, la disminución de la concentración de la materia orgánica, y la erosión combinada con el aumento de los rendimientos, determinaron la aparición de deficiencias de diversos nutrientes, especialmente de nitrógeno (N), fósforo (P) y azufre (S). Desde mediados de la década del 90, se comenzaron a expresar, también, deficiencias de micronutrientes, particularmente de boro (B) y zinc (Zn) (Melgar et al., 2001; Ferraris, 2011; Sainz Rozas et al., 2003).

En cultivos de trigo y cebada ubicados en las cercanías de la ciudad de Junín (Buenos Aires), se han observado síntomas compatibles con deficiencias de cobre (Cu). Sin embargo, no existen antecedentes de deficiencias de este nutriente en cultivos extensivos de la región pampeana. Sainz Rozas et al. (2003) observaron respuestas a la aplicación conjunta de Zn y Cu en cultivos de trigo del sudeste de la Provincia de Buenos Aires. Sin embargo, experiencias posteriores donde se aplicaron estos nutrientes en forma separada indicaron que las respuestas se debían a las deficiencias de Zn y no de Cu. En otras regiones del mundo, como Canadá, se han observado respuestas a la fertilización con Cu en cereales de invierno (Malhi y Karamanos, 2006). Tanto las aplicaciones al suelo como las foliares producen incrementos en el rendimiento pero no se reportan cambios en el contenido proteico de los granos.

En la última década, la cebada cervecera ha tomado una importancia creciente en las rotaciones agrícolas del norte de la Provincia de Buenos Aires. Para ser utilizada por las malterías, la cebada debe tener un contenido proteico intermedio, ni excesivamente alto ni muy bajo (Savín y Aguinaga, 2011). De acuerdo a las condiciones de comercialización vigentes en nuestro país, el precio de este cereal alcanza su máximo valor cuando el contenido proteico se encuentra entre el 10 y el 12%.

El objetivo de este trabajo fue evaluar los efectos de las fertilizaciones foliares con Cu durante floración o principios de llenado sobre el rendimiento y el contenido proteico en cultivos de cebada cervecera en el Partido de Junín.

## Materiales y métodos

A modo exploratorio, en los años 2007 y 2008 se condujeron dos ensayos en franjas apareadas sin repeticiones donde sólo se evaluó el contenido proteico de los granos. Posteriormente (años 2009 y 2010), se realizaron dos ensayos (con un diseño en bloques completos aleatorizados) donde se evaluaron el rendimiento y el contenido proteico de los granos.

Todos los experimentos se realizaron en el Partido de Junín, norte de la Provincia de Buenos Aires, se empleó la variedad Scarlett y recibieron una fertilización de base de manera que otros nutrientes no limitasen el rendimiento.

### Años 2007 y 2008 (franjas apareadas)

En 2007 el ensayo se realizó sobre un suelo Hapludol típico, y en 2008 se realizó en un Hapludol éntico. Los tratamientos consistieron en a) testigo, y b) fertilizado con sulfato de Cu en una dosis de 500 g ha<sup>-1</sup> pulverizado con 100 l de agua al momento fenológico de cuarto de grano en 2007, y a mediados de llenado en 2008.

Los ensayos se condujeron en franjas apareadas, realizando tres mediciones del contenido proteico de los granos en cada franja (pseudo réplicas) en el año 2007, y cinco mediciones el año 2008. Los datos se analizaron mediante un análisis de varianza considerando que cada par de observaciones correspondieron a un bloque.

### Año 2009

El ensayo se realizó sobre un suelo Natracualf. El horizonte superficial (0 a 20 cm) era alcalino (pH = 8.5) pero no sódico (PSI = 4) con 2.3% de materia orgánica (MO). A partir de los 20 cm de profundidad, se observó un B2t alcalino (pH = 8.9) y sódico (PSI = 28).

Los tratamientos resultaron de la aplicación de dos dosis de Cu empleando como fuente quelatos de Cu, aplicados en forma foliar en dos momentos del llenado de granos (**Tabla 1**). El diseño experimental fue en bloques completos aleatorizados (DBCA) con tres repeticiones. Se determinó el rendimiento y el contenido proteico de los granos.

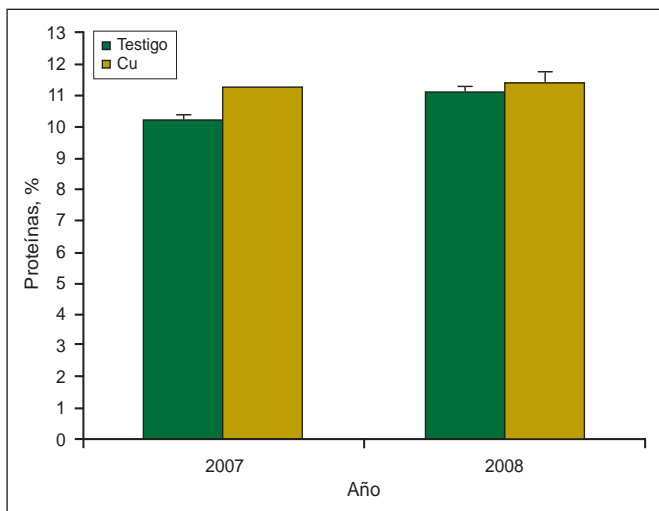
Los resultados fueron analizados mediante análisis de varianza (ANVA). Cuando el efecto de los tratamientos fue significativo, las medias se compararon mediante contrastes previamente planeados.

<sup>1</sup> A.E.R. INTA Junín.

<sup>2</sup> Cátedra de Fertilidad y Fertilizantes, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires. Correo electrónico: gtelleria@pergamino.inta.gov.ar

**Tabla 1. Tratamientos empleados en el ensayo del año 2009.**

Tratamiento	1	2	3	4	5
Estadio de aplicación	-	Inicio de llenado	Inicio de llenado	Medio grano	Medio grano
Dosis, g Cu ha <sup>-1</sup>	0	62	125	62	125



**Figura 1. Contenido proteico de los granos en cultivos de cebada con y sin aplicación de cobre (Cu) como sulfato de Cu, durante el llenado en los ensayos de 2007 y 2008. Cada barra es la media de tres observaciones en 2007 y cinco observaciones en 2008, realizadas en una misma franja.**

### Año 2010

El ensayo se realizó sobre un suelo Hapludol éntico con signos de degradación. El horizonte superficial (0 a 20 cm) era ligeramente ácido (pH = 5.9) con 2.9% de MO. De 0 a 40 cm de profundidad se registraron 38.4 kg de N-NO<sub>3</sub> ha<sup>-1</sup>.

Los tratamientos resultaron de la combinación factorial de tres niveles de fertilización nitrogenada aplicada como urea (37, 60 y 79 kg N ha<sup>-1</sup>) y tres tratamientos de fertilización con Cu: i) sin fertilización con Cu; ii) fertilización foliar con 125 g Cu ha<sup>-1</sup> como quelatos, aplicado en hoja bandera, y iii) fertilización foliar con 125 g Cu ha<sup>-1</sup> como quelatos, aplicado en un cuarto de llenado de granos.

El diseño experimental fue un DBCA con tres repeticiones. Se determinó el rendimiento y el contenido proteico de los granos. Los resultados fueron analizados mediante análisis de varianza factorial.

### Resultados

#### Experimentos 2007 y 2008

En el experimento del año 2007, el rendimiento promedio del lote fue de 4200 kg ha<sup>-1</sup>. La fertilización con Cu incrementó significativamente el contenido proteico de los granos en casi 1%. El rendimiento

promedio del año 2008 fue inferior, con una media de 2300 kg ha<sup>-1</sup>. No se observaron efectos significativos de la fertilización con Cu sobre el contenido proteico de los granos (**Figura 1**).

#### Experimento 2009

Los tratamientos no afectaron significativamente el rendimiento de los cultivos (**Figura 2**). El rendimiento promedio del ensayo fue de 3780 kg ha<sup>-1</sup>. La fertilización con Cu aumentó el contenido proteico de los granos, en promedio, 0.9% (ANVA p = 0.012; contraste tratamiento 1 vs 2, 3, 4 y 5; p = 0.014) (**Figura 2**). La dosis de 125 g Cu ha<sup>-1</sup> determinó un contenido proteico de 1% mayor que la dosis de 62 g Cu ha<sup>-1</sup> (contraste tratamiento 2 y 4 vs 3 y 5; p = 0.004). No se detectaron efectos significativos del momento de aplicación, ni de la interacción entre momento y dosis (contraste 2 y 3 vs 4 y 5; y contraste 2 y 5 vs 3 y 4, no significativos).

#### Experimento 2010

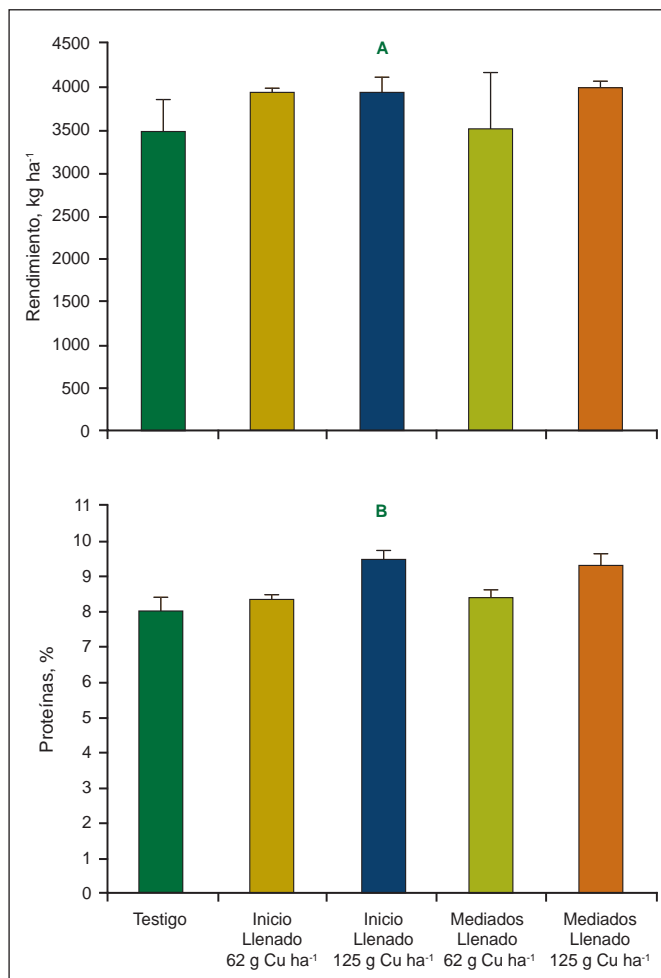
El rendimiento promedio del ensayo fue de 2870 kg ha<sup>-1</sup>. Ni la fertilización nitrogenada ni la fertilización con Cu afectaron significativamente los rendimientos (**Figura 3**). La fertilización con Cu tampoco afectó el contenido proteico de los granos. En cambio, la fertilización nitrogenada produjo un incremento significativo de 2.2% (p < 0.1).

### Discusión

El presente trabajo constituye una primera confirmación de deficiencias de Cu en cultivos extensivos de la región pampeana. En la mitad de las experiencias presentadas, se observó respuesta a la fertilización con Cu sobre el contenido proteico de los granos. Sin embargo, esta información debe ser tomada en forma provisoria: las evaluaciones pruebas en 2007 y 2008 no tuvieron un diseño experimental válido.

El ensayo de 2009 fue realizado en condiciones de alcalinidad. Sin embargo, los rendimientos alcanzados son aceptables desde el punto de vista productivo, lo que indica que sería un ambiente potencialmente apto para este cultivo. Es destacable la adaptabilidad que mostró la cebada cervecera a un suelo que usualmente sería considerado no apto para la agricultura.

Los dos ensayos en que se observaron respuestas a la fertilización con Cu tuvieron rendimientos mayores a los que no presentaban respuesta (4200 y 3780 kg ha<sup>-1</sup>



**Figura 2. Rendimiento (A) y contenido proteico de los granos (B) en cultivos de cebada cervecera, con y sin fertilización foliar con quelatos de cobre (Cu) en dos dosis y dos momentos de aplicación (Ensayo 2009). Cada barra es la media de tres repeticiones y las líneas sobre las barras indican el error estándar.**

en los sitios con respuesta, 2300 y 2870 kg ha<sup>-1</sup> en los sitios sin respuesta). Es posible, entonces, que la respuesta a este nutriente esté asociada a altos niveles productivos.

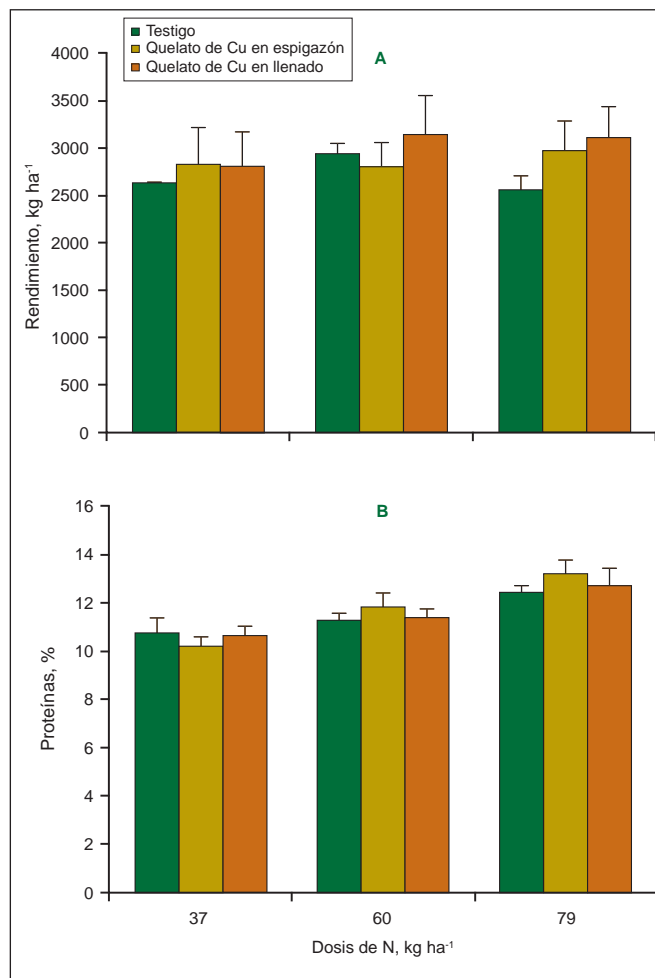
Las variedades de cebada cervecera más cultivadas actualmente en nuestro país presentan una marcada tendencia a presentar contenido proteicos inferiores a los requeridos por la industria (Wehrhahne, 2008). La fertilización foliar con Cu podría representar una herramienta útil para alcanzar los objetivos de calidad de este cereal.

### Agradecimientos

Al Ing. Juan José Alé de la empresa Fragaría S.A por su colaboración en los ensayos.

### Bibliografía

Ferraris, G.N. 2011. Micronutrientes en cultivos extensivos. ¿Necesidad actual o tecnología para el futuro? En: García, F.O., y A.A. Correndo (Eds.). La nutrición de cultivos integrada al sistema de producción. Actas Simposio Fertilidad 2011. 18 y 19 de Mayo del 2011.



**Figura 3. Rendimiento (A) y contenido proteico de los granos (B) en cultivos de cebada cervecera bajo la combinación tres niveles de nitrógeno (N) y tres tratamientos de fertilización con cobre (Cu) (Ensayo 2010). Cada barra es la media de tres repeticiones y las líneas sobre las barras indican el error estándar.**

Rosario, Santa Fe, Argentina, IPNI Cono Sur - Fertilizar AC: 121-133.

Malhi, S.S., y R.E. Karamanos. 2006. A review of copper fertilizer management for optimum yield and quality of crops in the Canadian Prairie provinces. *Can. J. Plant Sci.* 86:605-619.

Melgar, R., J. Lavandera, M. Torres Duggan, y L. Ventimiglia. 2001. Respuesta de la fertilización con boro y zinc en sistemas intensivos de producción de maíz. *Ci. Suelo* 19:109-114.

Sainz Rozas, H., H.E. Echeverría, P.A. Calviño, P. Barbieri, y M. Redolatti. 2003. Respuesta del cultivo de trigo al agregado de zinc y cobre en el sudeste bonaerense. *Ci. Suelo* 21:52-58.

Savin, R., y A. Aguinaga. 2011. Los requerimientos de la industria: calidad comercial e industrial y sus determinantes. En: Miralles, D.J., R.L. Benech Arnold, y L.G. Abeledo (Eds.). *Cebada cervecera*. Editorial FAUBA. Buenos Aires, Argentina: 207-238.

Wehrhahne, L. 2008 Evaluación comparativa de rendimiento y calidad de avena, cebada y trigo en Barrow. VII Congreso Nacional de Trigo y V Simposio Nacional de Cereales de Siembra Otoño-Invernal. Santa Rosa, Pcia. de La Pampa: S21. □