



## FERTILIZACIÓN NITROGENADA EN DIFERENTES VARIEDADES DE CEBADA EN EL PARTIDO DE BAHÍA BLANCA

Landriscini, M.R.<sup>1\*</sup>, J.M. Martínez<sup>1</sup>, C. Cerdá<sup>2</sup>, S. Carrasco<sup>2</sup>, F. Moreyra<sup>3</sup> y J.A. Galantini<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Centro de Recursos Naturales Renovables de la Zona Semiárida (CERZOS), Dpto. Agronomía, Universidad Nacional del Sur (UNS) - CONICET; <sup>2</sup> AE Bahía Blanca (EEA INTA Bordenave); <sup>3</sup> EEA INTA Bordenave; <sup>4</sup> Comisión de Investigaciones Científicas (CIC), Pcia. Bs. As. Centro de Recursos Naturales Renovables de la Zona Semiárida (CERZOS), Dpto. Agronomía, UNS-CONICET, B. Bca. \*San Andrés 800, 8000 Bahía Blanca, Argentina mlandris@criba.edu.ar

### RESUMEN

La fertilización nitrogenada afecta la producción y calidad de la cebada cervecera (*Hordeum vulgare* L.). El objetivo del trabajo fue evaluar el rendimiento y la calidad comercial de tres cultivares de cebada cervecera fertilizada con nitrógeno (N) en el sudoeste bonaerense (SOB) semiárido. El estudio se llevó a cabo en Colonia Napostá, partido de Bahía Blanca. El ensayo se realizó con fertilización (N) de tres dosis (0, 25 y 50 kg N ha<sup>-1</sup>), aplicadas en macollaje de forma manual, sobre tres cultivares de cebada cervecera: Ainara-INTA (Ai), Silera-INTA (Si) y Andreia (An). El diseño experimental fue de 3 repeticiones en parcelas divididas, con las variedades como factor principal y el N aplicado como factor secundario. En madurez fisiológica, se midieron los parámetros de rendimiento y calidad comercial del grano. Además, se calcularon diferentes eficiencias de N: eficiencia agronómica (EAg), eficiencia fisiológica (EFi) y eficiencia de recuperación de N (ERN). Las variedades mostraron respuestas diferentes con la fertilización nitrogenada sobre el rendimiento del grano (interacción significativa). La calidad comercial, el nivel de proteína y el calibre no se vieron afectados por la fertilización. Los parámetros evaluados estuvieron dentro del rango tolerado para la comercialización de cebada. Las diferentes respuestas del rendimiento a la fertilización repercutió sobre la EAg, la cual mostró un descenso no significativo con el aumento de la dosis de N para Ai y un descenso significativo para la variedad Si; mientras que contrariamente An mostró mayor EAg con la mayor dosis de N, aunque sin diferencia significativa. La ERN y EFi no evidenciaron cambios significativos ni por efecto de las variedades ni por la fertilización nitrogenada. Para las condiciones particulares, la aplicación de N afectó de forma diferencial la producción de las variedades de cebada, aunque la calidad mostró una mejora generalizada.

**PALABRAS CLAVE:** Sudoeste bonaerense, Nitrógeno, Eficiencias de N

### INTRODUCCIÓN

La cebada (*Hordeum vulgare* L.) es un cultivo que puede alternar en las secuencias agrícolas de ambientes semiáridos del sudoeste bonaerense (SOB), donde el trigo pan (*Triticum aestivum* L.) es el cultivo de mayor preponderancia. Generalmente, este cultivo tiene dos principales destinos: maltería en la industria cervecera y producción forrajera.

El N es el nutriente más limitante para la producción de cultivos en las zonas agrícolas (Fageria & Baligar, 2005). Debido a la erraticidad de las precipitaciones, condición característica de la región semiárida del SOB, es dificultoso realizar un diagnóstico certero de la necesidad de fertilizante nitrogenado. Es por esto que se deberían adecuar las aplicaciones de N a las condiciones de fertilidad particulares y al potencial de rendimiento esperado. Según

Cook & Veseth (1991) el límite de producción de un cultivo está dado por la combinación del potencial genético y por el ambiente en que se desarrolla.

Los principales requerimientos para que un lote de granos de cebada sea comercializado son la pureza varietal, los niveles de proteína y el calibre o tamaño de los granos. Los valores óptimos de proteínas se encuentran entre 10 y 11% y se espera que el calibre sobre zaranda de 2,5 mm sea superior al 85%. Existe una tolerancia de recibo mínima de 9% y máxima del 13% de proteína y de calibre del 80% (Alzueta & Ballvé, 2015).

La hipótesis planteada es que la fertilización nitrogenada aumenta la producción y calidad de la cebada cervecera, aunque el potencial de respuesta y la eficiencia de utilización del N aplicado se relacionan con el componente genético.

El objetivo de este estudio fue: 1) evaluar el efecto de la fertilización nitrogenada sobre el rendimiento y la calidad de tres genotipos de cebada cervecera y 2) analizar diferentes eficiencias de uso del N para la elección del cultivar más adecuado a la zona.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en el año 2018 en un establecimiento perteneciente al Departamento de Agronomía de la Universidad Nacional del Sur (UNS) ubicado en Colonia Napostá, partido de Bahía Blanca (Buenos Aires). El edafoclima es ústico térmico (Amiotti *et al.*, 2010). Se seleccionó un lote que registraba una historia de más de 20 años de uso ganadero, con una profundidad efectiva variable, un valor mínimo de 70 cm en la posición superior de la ladera y superior a los 100 cm en las restantes posiciones. La precipitación durante el ciclo del cultivo fueron de 356 mm y el suelo se clasificó como Haplustol Éstico (Soil Survey Staff, 2010). El diseño experimental fue en parcelas divididas con tres repeticiones, con las variedades de cebada como factor principal y las dosis de N como factor secundario. Se fertilizó a la siembra (12/7/2018) con 55 kg ha<sup>-1</sup> de fosfato monoamónico (grado, 11-23-0) para asegurar la suficiencia de P durante el ciclo del cultivo. El 20 de septiembre, en el estadio de macollaje, se aplicaron tres dosis de N: 0, 25 y 50 kg N ha<sup>-1</sup> en forma de urea (grado, 46-0-0) al voleo. Se realizó la siembra mediante una sembradora de siembra directa Juber 3500. La densidad de plantas fue de 200 pl m<sup>-2</sup>. Las variedades de cebada cervecera usadas fueron: Ainara-INTA (Ai), Silera-INTA (Si) y Andreia (An). La variedad An (ciclo largo) es ampliamente predominante en el área sembrada, con un 80 % del total, porcentaje que se eleva en la producción total de cebada. La variedad Si (doble propósito y de ciclo intermedio) posee muy alto potencial de rendimiento de granos, generando una gran cantidad de biomasa verde destinado a la producción de forrajes. Por su parte, Ai es una variedad de cebada cervecera de ciclo corto. Al momento de la siembra, se recolectaron muestras de suelo compuestas (15-20 muestras simples) para caracterizar el sitio en 0-20 cm (Tabla 1). En éstas se determinó el contenido de carbono orgánico total (COT), analizado por combustión seca (analizador automático LECO C Analyzer), fósforo extraíble (Pe) (Bray & Kurtz I, 1945) y pH (relación suelo: agua de 1:2,5). También, se tomaron muestras compuestas de suelo en el perfil 0-60 cm para analizar el N disponible en forma de nitrato (N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) (Mulvaney, 1996). Para expresar los datos en masa, se utilizó un valor de densidad aparente de 1,3 Mg m<sup>-3</sup> (Martínez *et al.*, 2015).

Tabla 1. Algunas propiedades químicas del suelo del sitio experimental.

Profundidad	COT g kg <sup>-1</sup>	pH	Pe mg kg <sup>-1</sup>	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> kg ha <sup>-1</sup>
0-20 cm	19	6,1	20	
0-60 cm				97

En madurez fisiológica (19/12/2018), se tomaron muestras de material vegetal para la determinación del rendimiento y la calidad del grano y sus componentes. Las variables de cultivo evaluadas fueron rendimiento de grano (humedad de comercialización base 12%) y sus componentes (número de granos por unidad de superficie y peso por grano), porcentaje

de proteína en granos, calibre y la proporción de granos bajo zaranda de 2,5 mm. El material vegetal se secó hasta peso constante a 60°C (con excepción de los granos, expresados con un 12% de humedad), se pesó y molió con molino Wiley (0,4 mm). Sobre el mismo se determinó N total por el método semi-micro Kjeldahl (Bremner, 1996).

### Eficiencias de nitrógeno

Para evaluar la eficiencia del uso del N se utilizaron definiciones de diferentes autores (Raun & Johnson, 1999; Fageria & Baligar, 2005).

-*Eficiencia Agronómica* (EAg) expresa los kg de cebada producida por kg de N aplicado como fertilizante para la producción de grano (g).

$$EAg = (\text{kg grano}_f - \text{kg grano}_0) / \text{kg N}_f$$

- *Eficiencia Fisiológica* (EFi), representa la cantidad de cebada producida por unidad de N absorbido (N del suelo + N del fertilizante).

$$EFi = (\text{kg grano}_f - \text{kg grano}_0) / (\text{kg N absorbido}_f - \text{kg N absorbido}_0)$$

- *Eficiencia de Recuperación del N* (ERN), expresa la cantidad de N absorbido por el cultivo por unidad de N aplicado como fertilizante.

$$ERN = \text{N total absorbido (N grano + N paja)} / \text{kg N}_f * 100$$

f, tratamiento fertilizado; 0, tratamiento testigo; Nf, dosis de N del fertilizante aplicado.

### Análisis Estadístico

Se realizó el análisis de la varianza (ANOVA) para todos los parámetros estimados. La comparación de medias se llevó a cabo a través de diferencias mínimas significativas (DMS) con  $p < 0,05$ . Todos los análisis se realizaron utilizando el software estadístico INFOSTAT (Di Rienzo *et al.*, 2013).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Rendimiento y calidad del grano

Se halló interacción significativa entre variedades de cebada y dosis de N ( $p < 0,001$ ), por lo que se realizó el análisis estadístico para cada variedad por separado. La respuesta al rendimiento con dosis crecientes de N fue similar a lo observado en la bibliografía (Rausch, 2003). Para Ai, el incremento del rendimiento fue de: 821 y 1369 kg grano  $\text{ha}^{-1}$  para las dosis de 25 y 50 kg N  $\text{ha}^{-1}$  respectivamente; para Si la respuesta fue de 1459 y 1221 kg grano  $\text{ha}^{-1}$  y con An, 591 y 1835 kg de grano  $\text{ha}^{-1}$  respectivamente (Figura 1).

Las variedades Ai y An mostraron comportamientos similares al agregado de N, con aumentos altamente significativos con el incremento de N. En cambio Si mostró una tendencia diferente, obteniéndose la mayor respuesta de rendimiento con la dosis de 25 kg N  $\text{ha}^{-1}$ , sin diferencias significativas entre 25 y 50 kg N  $\text{ha}^{-1}$ . Similares resultados han sido obtenidos en otras zonas de la Región Pampeana (Landriscini *et al.*, 2004; Prystupa *et al.*, 2008).

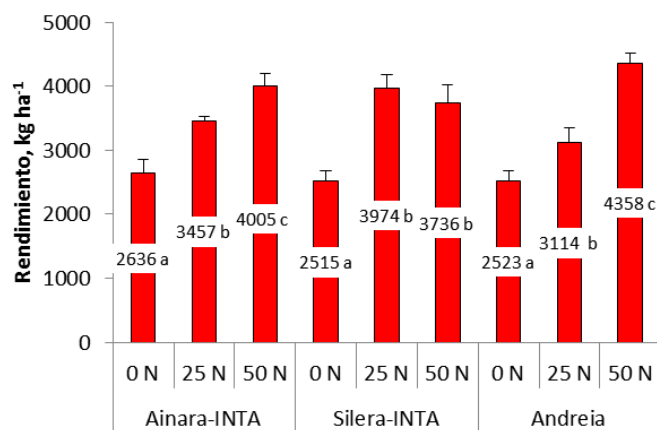


Figura 1: Rendimiento de grano en tres variedades de cebada cervecera con dosis de nitrógeno (N).

Con respecto a la calidad del grano, la concentración de proteína aumentó significativamente por efecto de la dosis de N (Figura 2), sin mostrar diferencias entre las variedades. La dosis de 50 kg N ha<sup>-1</sup> aumentó significativamente la proteína de 9,8% a 11,5%. En todos los casos los valores estuvieron dentro del rango de calidad industrial exigido para su comercialización (9,5 - 13% de proteína).

El N absorbido total (N del grano + N del rastrojo) mostró aumentos altamente significativos ( $p < 0,005$ ) por el efecto de la disponibilidad de N en el suelo, sin embargo, no se observaron efectos debidos a la variedad. El N absorbido por el grano varió entre 40 y 74 kg N ha<sup>-1</sup> con aumentos estadísticamente diferentes, mientras el N del rastrojo osciló entre 11 y 22 kg N ha<sup>-1</sup> sin diferencias estadísticas entre 25 y 50 kg N. Lo mismo se observó al sumar el N del grano y del rastrojo, que varió entre 50 y 96 kg N ha<sup>-1</sup>.

La fertilización nitrogenada suele determinar disminuciones del calibre de los granos (Prystupa, 2008). En los estándares de comercialización vigentes en la Argentina se establece que cuando la fracción retenida sobre zaranda de 2,5 mm es menor del 85%, la cebada no debe ser considerada cervecera. Tanto las variedades como las dosis de N no mostraron respuesta en el calibre; el 97-98% de granos fue retenido en zaranda de 2,5 mm (Figura 3).

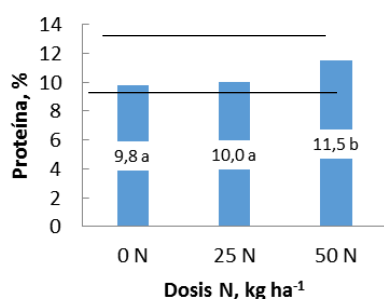


Figura 2. Porcentaje de proteína en el promedio de tres variedades de cebada cervecera con dosis de N.

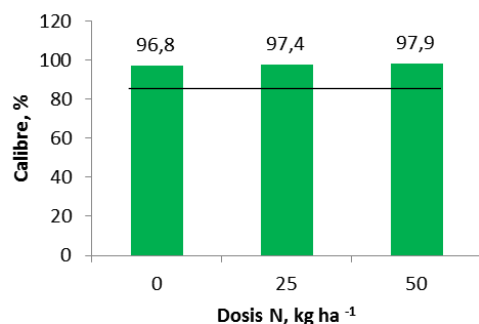


Figura 3. Porcentaje de granos retenidos en zaranda de 2,5 mm (% calibre) en el promedio de tres variedades de cebada cervecera con dosis de N.

### Eficiencias del N

Se halló una interacción significativa en la EAg considerando las variedades y la fertilización, debido a esto se realizó el análisis separado por genotipo. La EAg mostró valores diferentes en las tres variedades: en Ai y Si se observaron disminuciones de la eficiencia con el aumento de la dosis de N, entre 25 y 50 kg N ha<sup>-1</sup> (Figura 4). La variedad Ai promedió 30 kg de N por kg de N aplicado sin diferencias estadísticas entre dosis, mientras que Si mostró una disminución estadísticamente diferente de 58 a 24 kg de N por kg de N aplicado. En ambos casos 25 kg de N fue la dosis más eficiente. En el caso de An el comportamiento fue diferente: la EAg aumentó con la dosis más alta de N pero sin que sea estadísticamente significativo.

La eficiencia promedió 35 kg de N por kg de N aplicado. Estos valores son mayores a los observados para trigo pan en la misma zona (Martínez *et al.*, 2015).

Analizando la EFi (kg de grano respecto a N absorbido), tanto las variedades como las dosis de N aplicadas no mostraron diferencias significativas. El promedio global fue de 37 kg de grano por kg de N total absorbido (Figura 5). Se podría concluir que el aumento observado en la EA<sub>g</sub> en el caso de An no se debería a un componente genético diferente de la variedad.

La ERN tampoco mostró cambios significativos entre de las variedades ni entre las dosis de N (Figura 5). En todas las variedades un 84% del N aplicado se absorbió por el cultivo sin diferencias entre 25 y 50 kg N ha<sup>-1</sup>. Nuevamente para estas condiciones del cultivo, la dosis de 25 kg N ha<sup>-1</sup> fue la más eficiente en la recuperación del N aplicado.

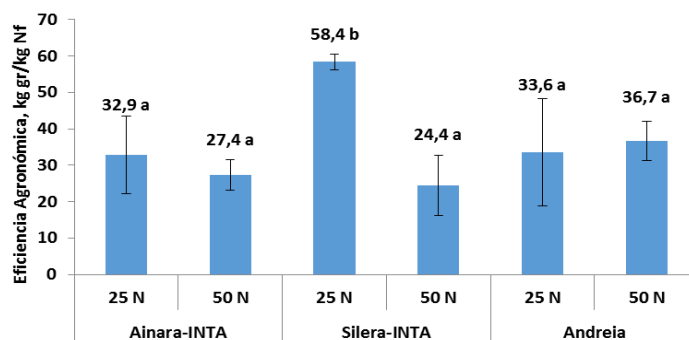


Figura 4. Eficiencia agronómica en tres variedades de cebada cervecera con dosis de N.

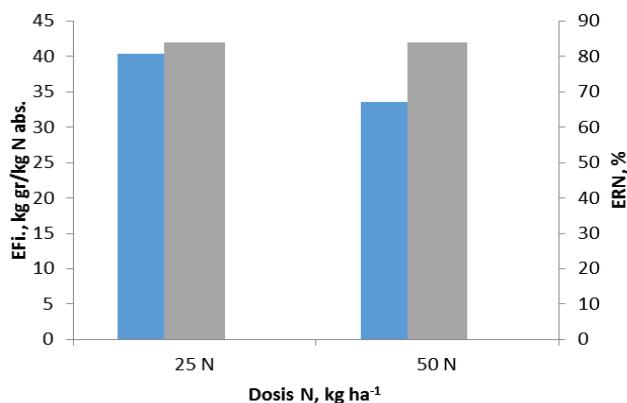


Figura 5. Eficiencia fisiológica (azul) y de recuperación del N (gris), promedio de tres variedades de cebada cervecera con dosis de N.

## CONCLUSIONES

Para las condiciones particulares de este estudio, la fertilización nitrogenada produjo respuestas positivas en el rendimiento y sobre la calidad de grano, independientemente del cultivar considerado. Sin embargo, la variedad An demostró un comportamiento genético diferente a Ai y Si, observado en la respuesta al N aplicado, corroborado en la EA<sub>g</sub>.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la colaboración del personal del AE INTA-Tornquist, del Ministerio de Agroindustria de la Pcia. Buenos Aires y personal e instalaciones del Dpto. de Agronomía, Universidad Nacional del Sur.

## BIBLIOGRAFÍA

- Alzueta, I & R Ballvé. 2015. Calidad comercial e industrial en trigo y cebada: ¿Cómo modificarla con el manejo agronómico y qué parámetros considerar para analizarla? *Cultivar decisiones* N° 104, <http://www.cultivaragro.com.ar/publicaciones.php>.
- Amiotti, N; MC Blanco; ES Schmidt & S Díaz. 2010. Variabilidad espacial de los suelos y su relación con el paisaje (Capítulo III). pp. 128-173. En: JD Paoloni (Compilador). *Entornos y Recursos Naturales del Pdo. de Bahía Blanca: Clima, Geomorfología, Suelos y Aguas (SO Bs As)*. EdiUNS, Bahía Blanca.
- Bray, R & L Kurtz. 1945. Determination of total, organic and available forms of phosphorus in soil. *Soil Sci.* 59: 39-45.
- Bremner, JM. 1996. Nitrogen total. pp. 1085-1123. In: DL Sparks (eds). *Methods of soil analysis. Part 3. Chemical Methods*. SSSA. Madison, WI.
- Cook, RJ & RJ Veseth. 1991. *Wheat health management*. APS Press, St. Paul, Minnesota, 152 pp.
- Di Rienzo, JA; F Casanoves; MG Balzarini; L González; M Tablada & CW Robledo. 2013. *InfoStat versión 2013*. Grupo InfoStat, FCA, UNC. Argentina.
- Fageria, NK & VC Baligar. 2005. Enhancing nitrogen use efficiency in crop plants. *Adv. Agr.* 88: 97-185.
- Landriscini, MR; LG Súnier & MA Lazzari. 2004. Aplicación de urea en dos momentos alternativos del ciclo de la cebada cervecera. Congreso Nacional de Trigo, 6° Simposio Nacional de Cereales de Siembra Otoño-Invernal. Bahía Blanca, Bs. As. Argentina.
- Martínez, JM; JA Galantini & MR Landriscini. 2015. Eficiencia en el uso del nitrógeno del trigo en la región semiárida de Buenos Aires (Argentina): efectos de las dosis y momento de aplicación. *Agriscientia* 32: 15-27.
- Mulvaney, RL. 1996. Nitrogen Inorganic Forms. pp. 1123-1184. In: DL Sparks (ed). *Methods of Soil Analysis. Chemical Methods. Part 3*. ASA. Madison, Wisconsin, USA.
- Prystupa, P; R Bergh; G Ferraris; T Loewy; L Ventimiglia; FH Gutiérrez Boem & L Couretot. 2008. Fertilización nitrogenada y azufrada en cebada cervecera cv. Scarlett. *Informaciones Agronómicas* 38: 5-11.
- Rausch, A; MA Lazzari & MR Landriscini. 2003. Disponibilidad de nitrógeno en el suelo y su influencia en el rendimiento de este cultivo con buena calidad maltera. *Fertilizar* 32: 13-17.
- Raun, WR & GV Johnson. 1999. Improving nitrogen use efficiency for cereal production. *Agr. J.* 3: 357-363.
- Soil Survey Staff. 2010. *Keys to Soil Taxonomy*, 11th Ed. USDA-Natural Resources Conservation Service, Washington, DC, 374 pp.