

AGRICULTURA DE PRECISIÓN: DOSIS VARIABLE DE NITRÓGENO EN CEBADA

NAHUEL RAÚL PERALTA^{1-2*}; PABLO BARBIERI¹⁻⁴; TOMAS GOWLAND³; VIRGINIA APARICIO⁴ & JOSÉ LUIS COSTA⁴

Recibido: 14-04-14

Recibido con revisiones: 20-11-14

Aceptado: 20-11-14

RESUMEN

La Agricultura de Precisión (AP) permite delimitar zonas de manejo (ZM) que expresan diferente potencial de rendimiento. Los objetivos de esta investigación fueron: (I) determinar la interacción entre las ZM y la fertilización nitrogenada sobre el rendimiento del cultivo de cebada cervecera cv. Scarlett.; (II) estimar las disponibilidades óptimas económicas (DOE) de nitrógeno (N) según ZM y; (III) determinar si la delimitación de ZM mejora la eficiencia en el uso del N del fertilizante. Esta investigación fue conducida en un lote comercial de 156 ha ubicado en el partido de Lobería (37°57'45,82"S, 59°6'24,67"O), provincia de Buenos Aires, Argentina. Las ZM se generaron utilizando la medición georeferenciada de la Conductividad eléctrica Aparente del suelo, la elevación del terreno y la profundidad de suelo. Los datos de rendimiento de cebada se recolectaron con un monitor de rendimiento. Se utilizó un diseño experimental de bloques completos aleatorizados con 12 repeticiones por ZM. Los bloques fueron divididos en tres parcelas. Cada parcela recibió una dosis de fertilizante nitrogenado (38 N, 83 N y un testigo -0 kg N ha⁻¹). El efecto de la interacción entre N disponible y ZM resultó significativo ($p < 0,05$), indicando que la respuesta a la fertilización es diferente entre ZM. Para la ZM de bajo potencial, la DOE fue más baja respecto de ZM de alto potencial. Además, la eficiencia de uso del fertilizante difirió significativamente ($p < 0,05$) entre ZM, siendo superior para la zona de alto potencial. La aplicación de la tecnología de AP permitió determinar que la DOE pueden variar entre ZM. La aplicación de dosis de N variable en función de la potencialidad de cada ZM permite ser más eficiente en el uso de este insumo, disminuyendo los riesgos de pérdida de N, y en consecuencia, la probabilidad de contaminación del ambiente, logrando incrementar la sustentabilidad de los sistemas productivos.

Palabras clave. Zonas de manejo, profundidad de suelo, variabilidad espacial, Sudeste Bonaerense.

PRECISION AGRICULTURE: VARIABLE RATE NITROGEN IN BARLEY

ABSTRACT

Precision Agriculture (PA) allows to delimit management zones (MZ) that express different yield potentials. The objectives of this study were to: (I) determine the interaction between MZ and nitrogen (N) fertilization on crop yield of malting barley cv. Scarlett.; (II) estimate the optimal economic (DOE) availability of N for each MZ and; (III) determine whether the delimitation of MZs improves efficiency in the use of N fertilizer. This study was conducted on a 156 ha-commercial field located at Lobería (37°57'45,82"S, 59°6'24,67"O), province of Buenos Aires, Argentina. The MZ were generated using apparent soil electrical conductivity measurements, terrain elevation and soil depth. Barley yield data was collected with a yield monitor. The experimental design was a randomized complete block with 12 replications for MZ. Blocks were divided into three plots. Each plot received a different N fertilizer rate (38, 83 and control-0 kg N ha⁻¹). The interaction effect between available N and MZ was significant ($p < 0,05$), indicating that the response to fertilization differed among MZ. For low MZ potential, DOE was lower compared to high potential MZ. Furthermore, the efficiency of fertilizer use showed significant differences ($p < 0,05$) between MZ, being higher in the high potential MZ. The application of AP technology showed that DOE were different among MZ. Variable rate N application optimizes NUE on every MZ. This decreases the risk of N loss, and therefore, the likelihood of environment contamination, thereby increasing the sustainability of production systems.

Key words. Management zones, soil depth, spatial variability, Southeast Buenos Aires.

1 CONICET;

2 GIS y Sensores Remotos de la Facultad de Agronomía - Universidad Nacional de Mar del Plata (FCA-UNMdP);

3 AACREA;

4 Estación Experimental INTA - Balcarce, C.C. 276 (7620) Balcarce, Argentina.

*Autor de contacto: nperalta21@gmail.com

INTRODUCCIÓN

El cultivo de cebada (*Hordeum vulgare*) es un componente estratégico en la producción agropecuaria de los partidos del sudeste y sudoeste bonaerense y una alternativa válida para lograr diversificar la producción (Landriscini *et al.*, 2004). Los efectos de la fertilización nitrogenada sobre el cultivo de cebada han sido estudiados ampliamente (Loewy *et al.*, 2008). Sin embargo, hay que considerar que ninguna de estas investigaciones ha tenido en cuenta la variabilidad espacial del suelo a nivel de lote. Los lotes agrícolas del sudeste Bonaerense, presentan variación en la textura del suelo, contenido de materia orgánica, profundidad de suelo, topografía y disponibilidad de agua para los cultivos (Peralta *et al.*, 2013; Peralta *et al.*, 2013a), generando variabilidad espacial en la disponibilidad de nitrógeno (N) y así, posiblemente en la respuesta a la fertilización nitrogenada en el cultivo de cebada (Delin, 2004). Dadas estas condiciones, es esperable que el efecto combinado de las características de suelo y terreno, y condiciones ambientales generen interacciones complejas en las relaciones suelo-planta y produzcan variaciones espaciales en el rendimiento y en la respuesta al agregado de N en el cultivo de cebada cervecera.

A partir de las últimas décadas se ha impulsado el desarrollo y la utilización de los Sistemas de Información Geográficos (SIG) y los Sistemas de Posicionamiento Global (GPS) que dieron lugar al surgimiento de la *Agricultura de Precisión* (AP). La AP se define como la aplicación de tecnologías y principios para manejar la variabilidad espacial y temporal de los factores edáficos y del terreno (Dinnes *et al.*, 2002), con el propósito de delimitar zonas de manejo (ZM). Las ZM son definidas como una subdivisión de los lotes en áreas homogéneas para aplicar manejo diferencial en función del potencial de cada zona por medio de la incorporación de la tecnología de Manejo Sitio Específico de N (MSEN) (Bullock *et al.*, 2007), con las metas de aumentar el rendimiento de los cultivos, la eficiencia en el uso del N, disminuir las pérdidas de N (en forma de $N-NO_3$) a las napas freáticas, y aumentar el retorno económico al productor (Bullock *et al.*, 2007). Los objetivos de esta investigación fueron: (I) determinar la interacción entre las zonas de manejo y la fertilización nitrogenada sobre el rendimiento del cultivo de cebada cervecera *cv.* Scarlett.; (II) estimar las disponibilidades óptimas económicas (DOE) de nitrógeno según zonas de manejo; (III) determinar si la delimitación de zonas de manejo, mejora la eficiencia en uso de N del fertilizante.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio experimental

Esta investigación fue conducida en un lote comercial de 156 ha ubicado en el partido de Lobería ($37^{\circ}57'45,82''S$, 59°

$6'24,67''O$). El lote se encuentra en la Unidad cartográfica AZ26, conformada por la serie de suelo Azul (60%, Paleudol Petrocalcico), Semillero Buck (30%, Argiudol Típico) y Cinco cerros (10%, Paleudol Petrocalcico) [INTA Castelar (1979-1980). Mapa de suelos de la Provincia de Buenos Aires (1:50000). Secretaría de Agricultura Ganadería y Pesca].

Muestreo de suelos y datos de precipitación

La determinación del contenido de $N-NO_3^-$ se realizó hasta los 60 cm de profundidad en capas de 20 cm al momento de la siembra (Bremner & Keeney, 1966). El contenido de $N-NO_3^-$ en los 0-60 cm de profundidad a la siembra fue de 80 kg ha^{-1} .

Los datos de precipitaciones del experimento y del promedio histórico en el ciclo del cultivo fueron obtenidos del establecimiento donde se realizó el ensayo. Las precipitaciones en el ciclo del cultivo del experimento resultaron escasas, comparado con el promedio histórico (312 y 452 mm, respectivamente).

Se realizó un balance hídrico para el cultivo de cebada, adaptando el modelo de Della Maggiora *et al.* (2003). Las variables de entrada fueron medidas por la estación meteorológica de la Unidad Integrada INTA-FCA Balcarce. Los Kc utilizados fueron obtenidos de tablas (Allen *et al.*, 1998).

Medición de las variables para generar zonas de manejo

La medición de la Conductividad Eléctrica Aparente del suelo (CEa) se realizó utilizando el Veris 3100[®] (Veris 3100, Division of Geoprobe Systems, Salina, KS) (Peralta *et al.*, 2013). La medición de la elevación del terreno se realizó en el mismo momento que la medición de la CEa con un DGPS. La profundidad de suelo fue medida con un penetrómetro hidráulico Gidding en una grilla de 30x30 m y georreferenciando cada punto con un GPS (Juno ST; Trimble Navigation Limited, USA).

Rendimiento en grano

Los datos de rendimiento en grano del cultivo de cebada fueron medidos y registrados utilizando un monitor de rendimiento comercial acoplado a una cosechadora equipada con un DGPS. Los datos de rendimiento de cebada fueron registrados cada segundo y se corrigieron a 12% de humedad del grano.

Variabilidad espacial de la CEa, elevación, profundidad del suelo y rendimiento de grano de la cebada *cv.* Scarlett

La estructura de variabilidad y correlación espacial de la CEa, elevación del terreno, profundidad de suelo y rendimiento dentro del lote fue cuantificada con semivariogramas (Isaaks & Srivastava, 1989). Posteriormente, se procedió a la interpolación de todas las capas de datos con el procedimiento *Kriging Ordinario* (Peralta *et al.*, 2013).

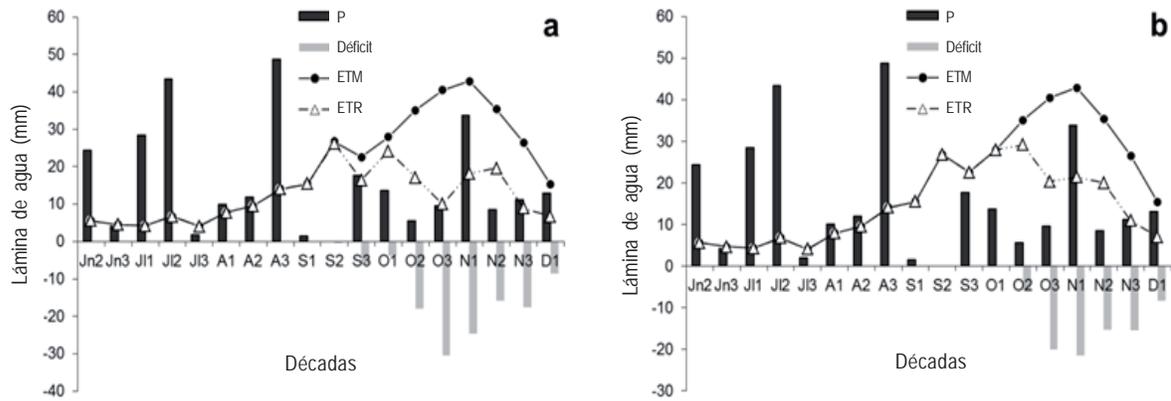


Figura 1. Balance de agua durante la estación de crecimiento del cultivo de cebada cervicera. **a)** Bajo Potencial (BP), **b)** Alto Potencial (AP): precipitaciones; ETM: evapotranspiración máxima; ETR: evapotranspiración de referencia. (Jn= Junio; Jl= Julio; A = Agosto; S = Septiembre; O = Octubre; N = Noviembre; D = Diciembre). Los numero detrás de cada mes indican la década.

Figure 1. Water balance during the malting barley growing season. **a)** Low potential (BP), **b)** High potential (HP). P: precipitation; ETC: maximum evapotranspiration; ETR: reference evapotranspiration. (Jn= June; Jl= July; A = August; S = September; O = October; N = November; D = December). Numbers following each moth indicate decade number.

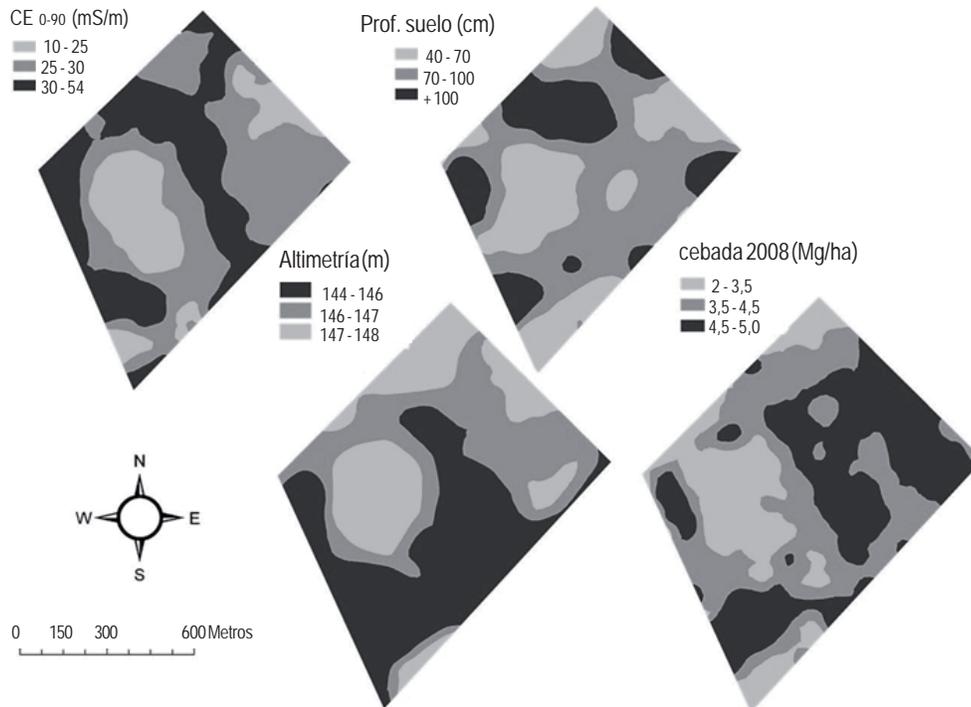


Figura 2. Mapas de las variables estables de suelo y terreno, rendimiento en grano de la cebada cervicera *cv.* Scarlett.

Figure 2. Maps of stable variables soil and terrain, malting barley *cv.* Scarlett grain yield.

Delimitación de zonas de manejo

La delimitación de zonas de manejo se realizó mediante el software Management Zone Analyst (Fridgen *et al.*, 2004). Este software realiza la división de ambientes mediante un análisis cluster (fuzzy K-means) (Córdoba *et al.*, 2013).

Diseño experimental y dosis de Nitrógeno

Se utilizó un diseño experimental de bloques completos aleatorizados con 12 repeticiones (Fig. 3). Los bloques fueron divididos en tres parcelas. Cada parcela recibió una dosis de fertilizante nitrogenado (38, 83 y un testigo -0 kg N ha⁻¹). Las dimensiones de las parcelas fueron de 70 m de longitud y 30 m de ancho. Las dosis de N se aplicaron con un aplicador variable comercial equipado con un DGPS. El formulado aplicado fue UAN (32% de N) al momento de macollaje.

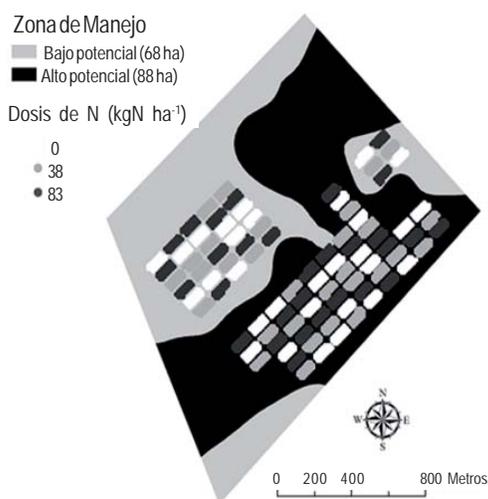


Figura 3. Zonas de manejo (ZM) con las parcelas experimentales con las dosis de N.

Figure 3. Management zones (ZM) with experimental plots and N rates.

Evaluación de tratamientos

Dentro de cada ZM se seleccionaron todos los bloques clasificados sin ambigüedad dentro de la misma (todas las parcelas pertenecen al mismo cluster). Para comparar los tratamientos de fertilización considerando la ZM en la que fueron aplicados, se ajustó para el rendimiento parcelario un Modelo Lineal Mixtos (MLM) con varianzas homogéneas y otro con varianzas heterogéneas entre ZM (Eq. 2).

$$y_{ijk} = \mu + T_i + Z_j + B(Z)_{k(j)} + TZ_{(ij)} + \varepsilon_{ijk} \quad (1)$$

donde y_{ijk} representa rendimiento observado en la dosis de fertilizante i , zona de manejo j , bloque k ; μ representa la media

general de la respuesta; es el efecto (fijo) de la dosis de fertilizante con $i=1, \dots, t$; es el efecto (fijo) de la zona de manejo con $j=1, \dots, z$; $B(Z)_{k(j)}$ es el efecto (aleatorio) del bloque dentro de la zona de manejo con $k=1, \dots, b$; $TZ_{(ij)}$ es el efecto de la interacción entre la disponibilidad de nitrógeno i y la zona de manejo k y ε_{ijk} es el término de error asociado a la observación y_{ijk} . La suposición sobre las componentes aleatorias es que $B(Z)_{k(j)} \sim N(0; \sigma^2)_k$ mientras para $\varepsilon_{ijk} \sim N(0; \sigma^2)$, donde σ^2_i es la variancia dentro de repeticiones de un mismo tratamiento dentro de la zona de manejo i . La selección del modelo (homocedástico vs. heterocedástico) se realizó mediante Likelihood Ratio Test (LRT; West, 2007).

Análisis económico por zona de manejo

La DOE se determinó como la suma entre la disponibilidad de N en el suelo en los 0-60 cm de profundidad para el momento de la siembra y lo aplicado como fertilizante. Se ajustó el modelo matemático de respuesta cuadrático por bloques. Luego se realizó la derivada de dicho modelo y se graficó la eficiencia agronómica (kg grano kg N disponible⁻¹) en función del nivel de N disponible (ND). La DOE se determinó en la intersección de la recta proveniente de la derivada primera y la línea horizontal correspondiente a diferentes relaciones insumo-producto. La relación de precios entre el N y el grano de cebada se calculó de manera análoga a la realizada por Pagani *et al.* (2008).

Para cada ZM se calculó la eficiencia de utilización del fertilizante (EUNFert) por el cultivo de cebada (kg de grano kg de fertilizante aplicado⁻¹) como la diferencia entre el rendimiento obtenido del tratamiento fertilizado (RtoN) y testigo (Rto Test) dividido la dosis aplicada $([RtoN - RtoTest]/Dosis N)$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El efecto de la interacción entre N disponible y ZM resultó significativo ($p < 0,05$), indicando que la respuesta a la fertilización es diferente entre ZM (Fig. 4a). En la zona BP y AP, las dosis de N (38 y 83 kg N ha⁻¹) no presentaron diferencias significativas de rendimiento, pero sí lo hicieron con la dosis 0 de N (testigo). Entre ambas zonas de manejo, las dosis de N presentaron diferencias significativas en los tres niveles de N. En la zona BP, la respuesta de rendimiento a las dosis de N (38 y 83 kg N ha⁻¹) fueron de 770 kg ha⁻¹ (31%) y 1570 kg ha⁻¹ (51%) respectivamente. Mientras que en la zona AP el aumento del rendimiento fueron de 870 kg ha⁻¹ (35%) y 1880 kg ha⁻¹ (62%) respectivamente. La zona AP presentó las mayores respuestas al agregado de N y el tratamiento testigo (N0) mostró los mayores rendimientos en esta zona (Fig. 4a). El cultivo de cebada cervecera en la zona de BP presentó en toda la es-

tación de crecimiento y en el período crítico un déficit de hídrico de 125 y 73 mm, respectivamente. Mientras que en la zona de AP, el cultivo de cebada presentó un déficit hídrico de 81 y 42 mm, respectivamente. La zona AP estuvo asociada a las áreas de baja elevación del terreno y suelos profundos (Tabla 1), generando posiblemente una acumulación de agua, mayores condiciones de humedad del suelo (Kravchenko & Bullock, 2000), y un menor estrés hídrico (Fig. 1b), y en consecuencia, mayores respuestas al agregado de N, como fue mencionado por Delin, 2004. En contraste, la zona de BP estuvo asociada a las áreas de alta elevación del terreno y suelos superficiales (Tabla 1), asociados a una menor disponibilidad de agua para el cultivo y mayor estrés hídrico (Fig. 1a), lo cual, posiblemente limitó la respuesta del cultivo de cebada al agregado de N (Delin, 2004). Prystupa *et al.* (2008), trabajando con modelos regionales (es decir, sin considerar la variabilidad intralote) encontraron respues-

tas similares al agregado de N, y mencionaron que las mayores respuestas estuvieron en los años húmedos. En el Sudeste Bonaerense, Peralta *et al.*, 2015, para el mismo año experimental, trabajando en los mismos suelos (Argiudoles Típicos y Paleudoles Petrocalcicos) pero en el cultivo de trigo (*Triticum aestivum*) encontraron interacción entre zona de manejo y dosis de N, indicando que la respuesta a la fertilización es diferente entre zonas de manejo.

Una vez obtenidas las ecuaciones de respuesta de rendimiento a la disponibilidad de N (Fig. 4a), se procedió a derivar la ecuación cuadrática con el fin de obtener nuevas funciones que fueron graficadas utilizando el ND como variable independiente y la eficiencia agronómica (kg grano kg ND⁻¹) como variable dependiente (Fig. 4b). La relación de precios N-grano de cebada durante 1990-2007 fue de 4.8:1, mientras que el valor promedio para el año experimental (2008) de 8.1:1 (Indexmundi, 2014).

Tabla 1. Promedio de la Conductividad eléctrica aparente, elevación, profundidad de suelo (PS) y rendimiento de cebada cervecera dentro de cada zona de manejo: bajo potencial (BP) y de alto potencial (AP).

Table 1. Apparent electrical conductivity (ECa), elevation, depth soil (PS) and yield means within management zones: low potential (BP) and high potential (AP).

Zona	CEa (mS m ⁻¹)	Elevación (m)	PS (cm)	Rendimiento (kg ha ⁻¹)
BP	23,9 b (0,59)*	147 a (0,08)	55 b (1,46)	3290 b (130)
AP	28,2 a (0,48)	146 b (0,06)	90 a (1,19)	4330 a (100)

* Valores entre paréntesis representan el error estándar de la media para cada zona de manejo.

* Values between parenthesis represent standard errors of the means for each management zone.

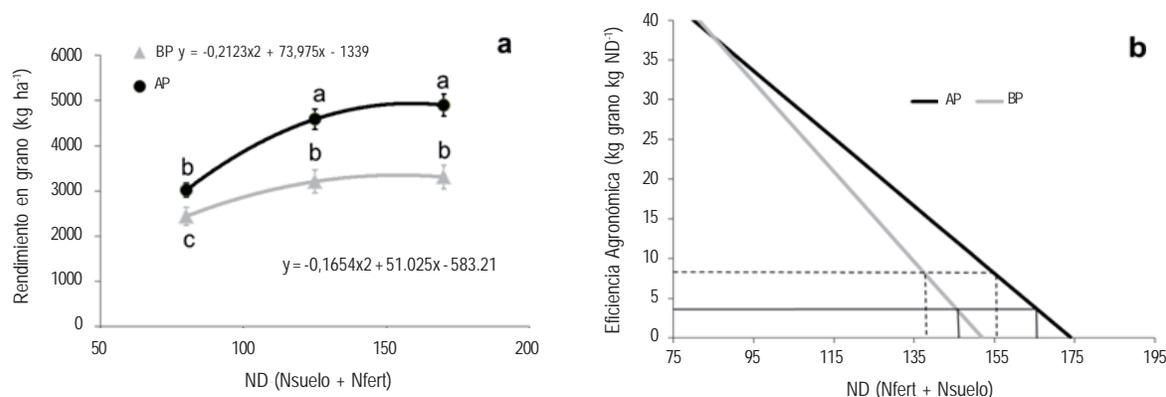


Figura 4. a) Relación entre el rendimiento de cebada cervecera cv Scarlett y el nitrógeno disponible (ND) a la siembra (fertilizante + suelo) hasta los 60 cm de profundidad según zonas de manejo de bajo potencial (BP) y de alto potencial (AP). Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$). Las barras verticales indican el error estándar de la media para cada zona. b) Funciones derivadas del modelo cuadrático de las relaciones entre el rendimiento del cultivo de cervecera y el N disponible (ND). Líneas discontinuas (---) representan la relación de precios N-grano del año experimental (2008) y las continuas (—) el promedio histórico.

Figure 4. a) Relationship between malting barley yield and available nitrogen (ND) (soil + fertilizer) to a 60-cm soil depth according to low potential (BP) and high potential (AP) management zones. Different letters indicate statistically significant differences ($p < 0.05$). Vertical bars indicate the standard error of the mean for each zone. b) Functions derived quadratic model of the relationship between crop yield and available N (ND) at sowing. Broken lines (---) represent the relationship of N-grain prices of experimental year (2008) and continuous lines (—) the historical average.

Para la zona de BP, utilizando la relación 4.8:1, el modelo determinó una DOE más baja respecto de zona de AP (145 y 165 kg ND ha⁻¹), y para la relación de 8.1:1 estos valores fueron de 137 y 156 kg ND ha⁻¹ (Fig. 4b).

La EUNFert difirió entre ZM siendo superior para la zona AP ($p < 0,05$; Figura 5). Los valores para la dosis de 38N fueron de 17 y 35 kg de grano kg N aplicado⁻¹, para la zona de BP y AP, respectivamente. Mientras que para la dosis de 83N la EUNFert fue de 10 y 23 kg de grano kg N aplicado, para la zona de BP y AP, respectivamente. James & Godwin, (2003) reportaron datos similares trabajando en suelos franco arcillosos. Estos autores mencionaron que la mayor EUNFert en la zona AP estuvo asociada a mayor disponibilidad de agua para los cultivos. Por otra parte, la EUNFert disminuyó a medida que se incrementó la dosis de N aplicada. Los resultados obtenidos en esta experiencia muestran la importancia de determinar ZM para el manejo del N, tanto desde el punto de vista económico como ambiental. Similares resultados fueron informados por Delin, 2004.

CONCLUSIÓN

La aplicación de la tecnología de Agricultura de Precisión permitió determinar que la disponibilidad óptima económica (DOE) pueden variar entre zonas de manejo, lo cual justificaría la aplicación de recomendaciones de fertilización con dosis variable, lo que permitiría maximizar el beneficio económico y/o minimizar riesgos de contaminación del ambiente por la aplicación de sobredosis de insumos.

Se debe tener en cuenta que estas conclusiones son preliminares ya que son producto de un solo sitio experimental y de un solo año de estudio y no cubre el rango de todas las condiciones posibles. Creemos que es necesario contar en el futuro con mayor cantidad de escenarios para validar el modelo propuesto, lo que está contemplado en el trabajo de postdoctoral del primer autor y datos afines.

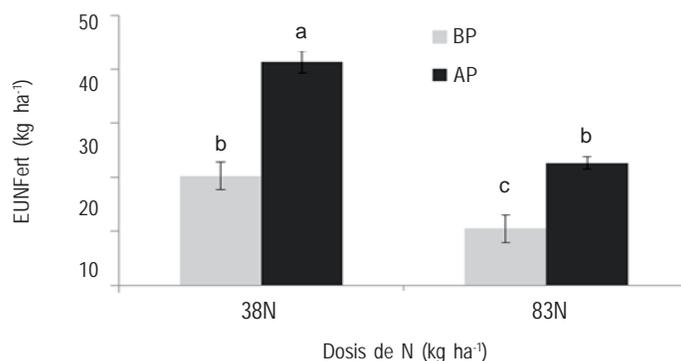


Figura 5. Eficiencia del uso de nitrógeno promedio del fertilizante de acuerdo a dosis de nitrógeno y zonas de manejo: bajo potencial (BP) y de alto potencial (AP). Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$). Las barras verticales indican el error típico de la media para cada zona de manejo.

Figure 5. Average use efficiency of fertilizer nitrogen according to nitrogen rates and management zone. Different letters indicate statistically significant differences ($p < 0.05$). Vertical bars indicate the standard error of the mean for each zone: low potential (BP) and high potential (AP).

BIBLIOGRAFÍA

- Allen, RG; LS Pereira; D Roes & M Smith. 1998. Crop evapotranspiration-guidelines for computing crop water requirements. *FAO: Irrigation and drainage* 56: 1-300.
- Bremner, JM. 1965. Inorganic forms of nitrogen. *In: Black CA (ed). Methods of soil analysis. Part 2. Agronomy Monogr. no. 9. ASA, Madison, WI.* pp 1179-1237.
- Bullock, DS; N Kitchen & DG Bullock. 2007. Multidisciplinary teams: A necessity for research in precision agriculture systems. *Crop Sci* 47: 1765-1769.

- Córdoba, M; M Balzarini; C Bruno & JL Costa. 2013. Subfield management class delineation using cluster from spatial principal components of soil variables. *Comp. Electron. Agric* 97: 6-14.
- Delin, S. 2004. Within-field Variations in Grain Protein Content-Relationships to Yield and Soil Nitrogen and Consistency in Maps Between Years. *Precis. Agric* 5: 565-577.
- Dinnes, DL; DL Karlen; DB Jaynes; TC Kaspar; JL Hatfield; TS Colvin & CA Cambardella. 2002. Nitrogen management strategies to reduce nitrate leaching in tile-drained Midwestern soils. *Agron. J* 94: 153-171.

- Della Maggiora, AI; A Irigoyen; JM Gardiol; O Caviglia & L Echarte. 2003. Evaluación de un modelo de balance de agua en el suelo para el cultivo de maíz. *Rev. Arg. Agrometeor* 2(2): 167-176.
- Fridgen, JJ.; NR Kitchen; KA Sudduth; ST Drummond & CW Fraisse. 2004. Management zone analyst (MZA): software for subfield management zone delineation. *Agron. J* 96: 100-108.
- Indexmundi. 2014. <http://www.indexmundi.com/es/precios-de-mercado/?mercancia=cebada&meses=360>. Acceso 25 de marzo de 2014.
- INTA. CIRN. Instituto de Suelos. Hoja - 3760-35 - Claraz, PBA, Castelar. Instituto de Suelos AICET, 1970. 72 p, 4 fotocartas, escala 1:50.000.
- Isaaks, EH & RM Srivastava. 1989. An introduction to applied geostatistics. New York, NY: Oxford University Press. 561 p.
- James, IT & Godwin R J. 2003. 'Soil, Water and Yield Relationships in developing Strategies for the Precision Application of Nitrogen Fertiliser to Winter Barley'. *Biosystems Engineering* 84(4): 467-480.
- Landriscini, MR; LG Suárez; A Lázzari & A Rausch. 2004. Respuesta de la cebada cervecera a la aplicación de N. *INPOFOS. Informaciones Agronómicas del Cono Sur* 22: 15-18.
- Loewy, T & MM Ron. 2001. Componentes de rendimiento en trigo y cebada cervecera bajo distintos niveles nutricionales. V Congreso Nacional de Trigo, Villa Carlos Paz, Córdoba, Argentina.
- Pagani, A; H Echeverría; P Barbieri & H Sainz Rozas. 2008. Dosis óptima económica de nitrógeno en maíz bajo siembra directa en el sudeste bonaerense. *Informaciones Agronómicas del Cono Sur* 39: 14-19.
- Peralta, NR; JL Costa; M Balzarini & H Angelini. 2013. Delineation of management zones with measurements of soil apparent electrical conductivity in the southeastern pampas. *Can. J. Soil Sci* 93: 205-218.
- Peralta, NR; JL Costa; M Balzarini & Castro Franco, M. 2013a. Delimitación de zonas de manejo con modelos de elevación digital y profundidad de suelo. *Interciencia* 38(6): 1-7.
- Peralta, NR; JL Costa; M Balzarini; M Castro Franco; M Córdoba & D Bullock. 2015. Delineation of management zones to improve nitrogen management of wheat. *Computers and Electronics in Agriculture* 110: 103-113.
- Prystupa, P; G Ferraris; R Bergh; T Loewy, L Ventimiglia & F. Gutiérrez Boem. 2008. Fertilización de Cebada Cervecera cv. Scarlett: IV. Modelo de respuesta del contenido proteico a la Fertilización Nitrogenada. XXI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. San Luis. En CD.
- SAS Institute. 2002. SAS User's Guide. Statistical Analysis System Institute Inc. Cary, NC.
- Veris Technologies. 2001. Frequently asked questions about soil electrical conductivity. <http://www.veristech.com>. Veris Technologies, Salina. KS. Acceso 25 de noviembre de 2013.
- West, MAL; K Kim; DJ Kliebenstein; VH Leeuwe; RW Michelmore & S Doerge. 2007. Global eQTL mapping reveals the complex genetic architecture of transcript-level variation in Arabidopsis. *Genetics* 175: 1441-1450.

