MOMENTOS DE APLICACIÓN DE NITRÓGENO EN TRIGO EN EL NORTE DE BUENOS AIRES. EFECTO AÑO Y ZONA DE MANEJO.

AREA DE DESARROLLO RURAL – UNIDAD TERRITORIAL AGRÍCOLA INTA EEA PERGAMINO

Ings. Agrs. (MSc) Gustavo N. Ferraris[1] y Marcelo López de Sabando[2]
1.UCT Agricola INTA EEA Pergamino. 2AER Tandil Av. Frondizi km 4,5 B2700WAA Pergamino
ferraris.guntavo@inta.gob.ar

INTRODUCCIÓN

El Nitrógeno (N) es el elemento más importante en los cereales de invierno, considerando la magnitud de su demanda y las pérdidas de rendimiento que ocasiona su deficiencia. Este elemento es sumamente dinámico por lo que está sujeto a diversas vías de pérdida. La volatilización del gas amoníaco (NH_3), y la lixiviación de este nutriente hacia capas profundas de suelo son las principales vías de salida de N en los sistemas agrícolas, provocando una baja eficiencia de los fertilizantes.

En la Región Norte de Buenos Aires y Sur de Santa Fe, es tradicional aplicar la totalidad del N a la siembra de los cultivos de invierno. Esta práctica es una herramienta para bajar costos y aplicar el fertilizante antes del déficit invernal de precipitaciones, que podría imposibilitar la incorporación del mismo hasta la primavera. Sin embargo, el aumento consistente e ininterrumpido en los rendimientos ha incrementado la EUN (eficiencia agronómica de uso de N), desplazando las recomendaciones hacia dosis más elevadas. Con mayor cantidad de N ciclando en los suelos las pérdidas por diferentes vías se han incrementado (Ciarlo *et al.* 2013). Además, es frecuente obtener menores rendimientos y caídas en la concentración de proteína y glúten por aplicaciones tempranas, a la siembra o en presiembra del cultivo.

Una alternativa para reducir las pérdidas e incrementar la eficiencia de los fertilizantes consiste en sincronizar la oferta de nutrientes con la demanda del cultivo. Con este fin, las aplicaciones particionadas o demoradas a la postemergencia son una alternativa para disminuir la concentración puntual en suelo, y apuntalar procesos fisiológicos importantes durante el ciclo.

El objetivo de este experimento fue comparar dos momentos de aplicaciones de isodosis de N sobre el rendimiento y la EUN de trigo. Hipotetizamos que, en sitios de alto rendimiento e inviernos moderados, es posible demorar la aplicación de N sin afectar su eficiencia de uso ni el rendimiento de los cultivos.

Palabras clave: Trigo, nitrógeno, momentos, EUN

MATERIALES Y MÉTODOS

Entre los años 2010 y 2013, se realizaron ensayos de fertilización nitrogenada en trigo, comparando momentos de aplicación a isodosis de N. Los ensayos se realizaron en Pergamino y La Trinidad (Gral Arenales) y abarcaron un rango de ambientes intra-sitio, así como diferentes escenarios climáticos (efecto año) y de condición edafica (Serie de Suelo, textura).

Los experimentos se fertilizaron con 100 kg ha^{-1} de superfosfato triple (0-20-0) y 100 kg de sulfato de Calcio (0-0-0-S18 – Ca22) de base. Los experimentos fueron conducidos con un diseño en bloques completos al azar con tres/cuatro repeticiones y siete tratamientos. La descripción de los sitios se presenta en la Tabla 1. Por su parte, los tratamientos evaluados se presentan en la Tabla 2, y los datos analíticos de suelo en la Tabla 3.

Tabla 1: *Descripción del sitio experimental.*

Sitio	Tipo de Suelo	Serie de Suelo	Variedades Trigo - Cebada	Variantes de sitio
Pergamino 2011	Argiudol típico	Pergamino	Baguette 9	loma y bajo Posición en relieve, humedad, MO
La Trinidad 2012	Argiudol típico	La Trinidad	Baguette 9	loma y bajo Textura, posición en relieve, humedad, MO
Pergamino 2013	Argiudol típico	Pergamino	Baguette 601	planicie

Tabla 2: *Tratamientos evaluados.*

T	Dosis N	Momento aplicación
T1	**Testigo**	
T2	**N40 kg ha^{-1}**	Siembra
T3	**N80 kg ha^{-1}**	Siembra
T4	**N160 kg ha^{-1}**	Siembra
T5	**N40 kg ha^{-1}**	Macollaje
T6	**N80 kg ha^{-1}**	Macollaje
T7	**N160 kg ha^{-1}**	Macollaje

Previo a la siembra, se realizó un análisis químico de suelo, cuyos resultados se expresan en la Tabla 2. El sitio contaba con una moderada disponibilidad hídrica inicial, que alcanzó a 110 mm de agua útil (0-140 cm).

Tabla 3: *Análisis de suelo al momento de la siembra*

Localidad	Profund	pH	Materia Orgánica	P-disp.	N-Nitratos 0-60 cm	S-Sulfatos 0-20 cm
	cm	agua 1:2,5	%	ppm	kg ha-1	ppm
Pergamino 2011	0-20 cm	5,6	2,85	11,3	78,8	5,8
La Trinidad 2012	0-20 cm	6,0	3,09	19,0	74,0	1,2
Pergamino 2013	0-20 cm	5,5	2,96	6,8	71,7	9,1

La cosecha se realizó en forma mecánica (Pergamino) o manual con trilla estacionaria (La Trinidad). Se realizaron mediciones de parámetros de crecimiento y nutrición durante el ciclo de cultivo, especialmente alrededor del período crítico para la determinación del rendimiento. Sobre una muestra de cosecha se cuantificaron los componentes numéricos del rendimiento, número (NG) y peso (PG) de los granos. Los resultados se analizaron mediante partición de varianza y análisis de correlación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

a) Condiciones ambientales

Las condiciones hídricas fueron contrastantes entre campañas (Figura 1). El año 2011 comenzó con un almacenaje moderado que se fue agotando en la medida en que avanzó la primavera. Por el contrario, el ciclo subsiguiente mostró una saturación de los perfiles desde agosto en adelante, lo cual predispuso a una alta presión de enfermedades y redondeo un año desfavorable para los cultivos de invierno. Finalmente, 2013 evidenció un comportamiento similar a 2011, con perfil cargado al inicio pero con un agotamiento paulatino de las reservas. La restricción hídrica fue menor en 2013 con relación a 2011.

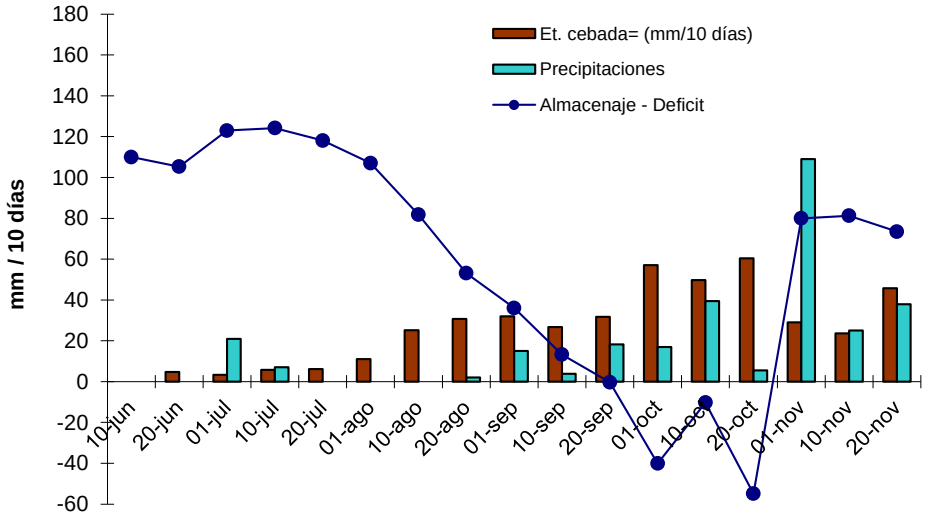

Figura 1.a

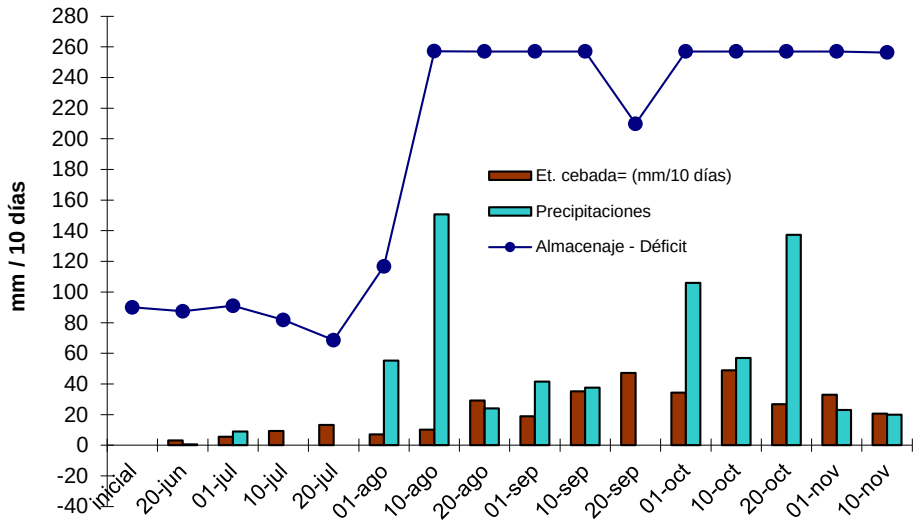

Figura 1.b

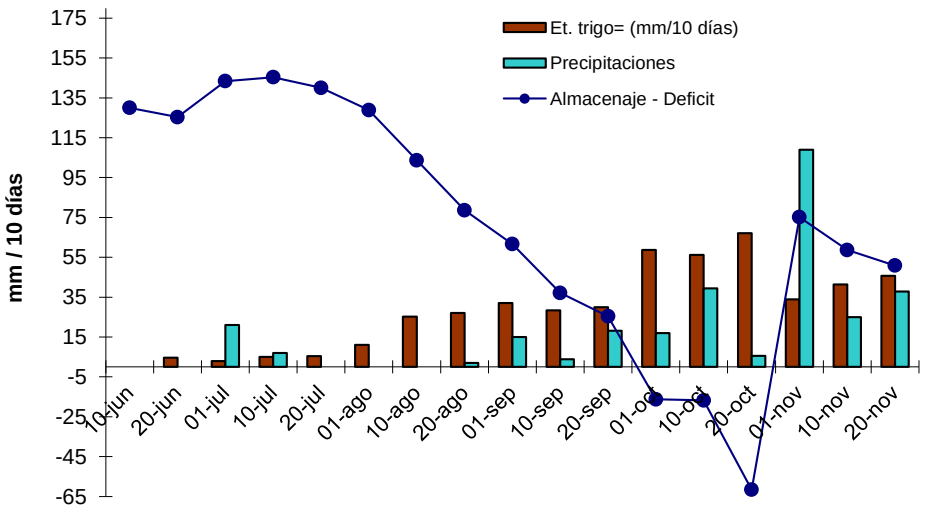

Figura 1.c

Figura 1: *Precipitaciones, evapotranspiración y balance hídrico para a) Pergamino, 2011 b) La Trinidad 2012 y c) Pergamino 2013. Valores acumulados cada 10 días en mm. Año 2011. Los balances hídricos han sido calculados para el ambiente bajo.*

b) Resultados de los experimentos

En las Figuras 3, 4 y 5 se presentan los rendimientos de grano.

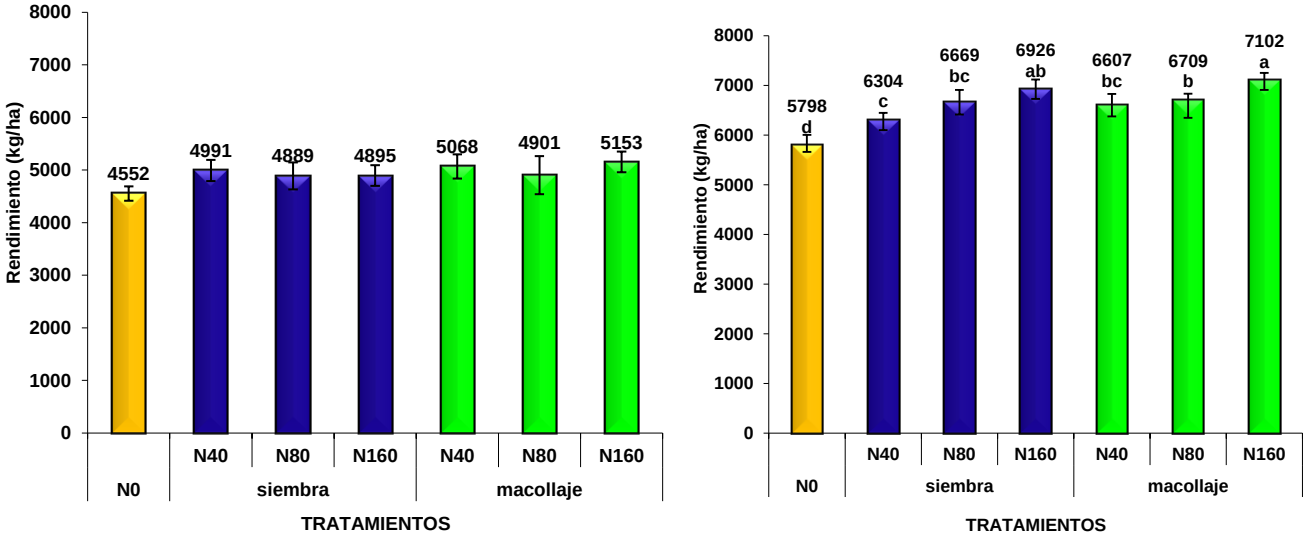

Figura 2: *Rendimiento según dosis de N y momento de aplicación. Sitio loma (izquierda) y Bajo (derecha). Pergamino, año 2011 Dentro de cada ambiente, letras distintas sobre las columnas representan diferencias significativas entre tratamientos (LSD a=0,05). Las barras de error indican la desviación standard de la media.*

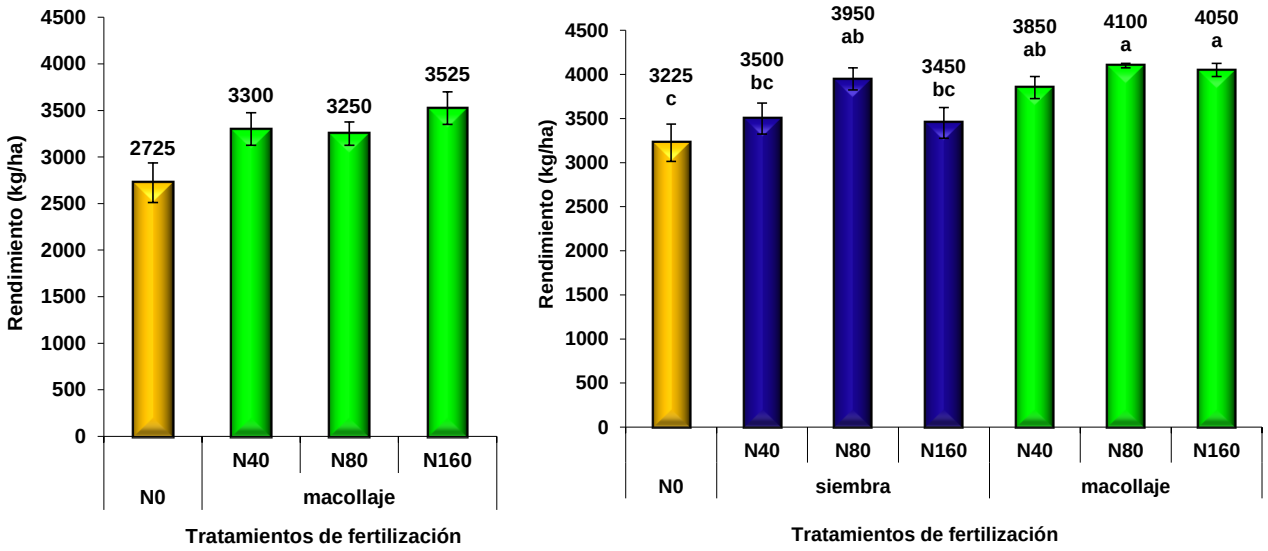

Figura 3: *Rendimiento según dosis de N y momento de aplicación. Sitio Loma (izquierda) y Bajo (derecha). La Trinidad, 2012. Dentro de cada ambiente, letras distintas sobre las columnas representan diferencias significativas entre tratamientos (LSD a=0,05). Las barras de error indican la desviación standard de la media.*

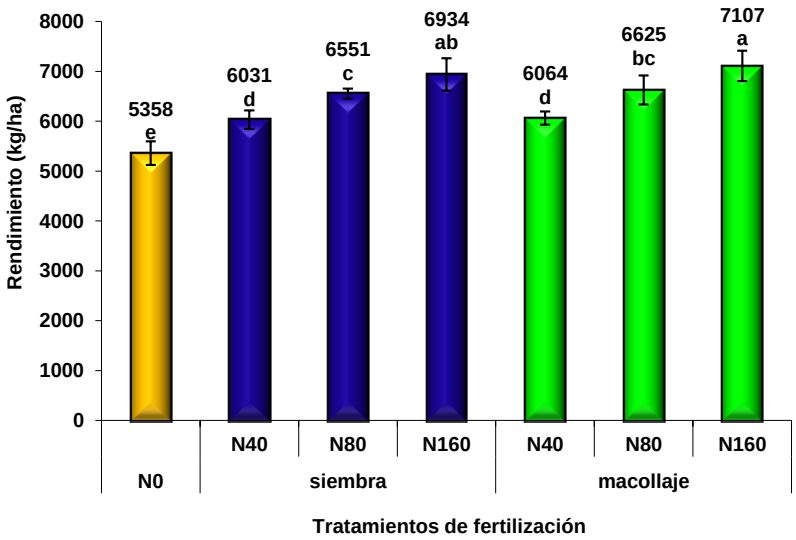

Figura 4: *Rendimiento según dosis de N y momento de aplicación. Pergamino, 2013. Letras distintas sobre las columnas representan diferencias significativas entre tratamientos (LSD a=0,05). Las barras de error indican la desviación standard de la media.*

Las condiciones climáticas diferenciales correlacionaron con rendimientos (y comportamientos) contrastantes. En 2011, un año seco, la disponibilidad hídrica condicionó los rendimientos y la EUN en el ambiente loma, pero no así en el bajo (Figura 2). La EUN fue superior cuando el N se aplicó al macollaje, lo cual no era un comportamiento esperable en un ciclo seco. Sin embargo, una apreciación de los experimentos anticipaba este comportamiento. Los rendimientos en el ambiente bajo fueron muy elevados, causando una fuerte dilución de N. En este contexto, el N aplicado a la siembra habría sido insuficiente para abastecer las demandas en el período crítico y el período de llenado de los granos (Figura 2).

El año 2012 puede caracterizarse como un ciclo húmedo. Los rendimientos de loma y bajo resultaron similares (Figura 3), y las diferencias a favor de este último deberían explicarse a partir de una mayor acumulación de materia orgánica y nutrientes. Las diferencias entre loma y bajo fueron superiores a las observadas en Pergamino 2011, verificando un contraste superior en relieve y textura. En cambio, en Pergamino 2011 no se observaron diferencias texturales, aunque sí en altimetría (datos

no presentados). La comparación entre siembra y macollaje sólo se realizó en el ambiente bajo. En esta situación, las abundantes precipitaciones a partir de agosto habrían provocado pérdidas significativas del N aplicado a la siembra, disminuyendo la EUN y los rendimientos, sin una tendencia lineal rendimiento-dosis de N (Figura 3 sitio bajo). Los rendimientos fueron superiores cuando el fertilizante se aplicó en macollaje, sin embargo la respuesta fue significativa sólo hasta la dosis de N40, donde las enfermedades y la oferta de radiación establecieron un techo a la producción.

El ciclo 2013, finalmente, reiteró un comportamiento típico de perfil húmedo e invierno-inicio de primavera seco. En la región, esta situación suele coincidir con un cuadro de elevada sanidad y alto rendimiento. Aun cuando la disponibilidad hídrica fue menor al momento de aplicar el fertilizante, los rendimientos y la EUN fueron similares o ligeramente superiores en las aplicaciones de macollaje (Figura 4).

Integrando los datos de 3 campañas, se verifica que en 32 (45) comparaciones el rendimiento en macollaje fue superior al de siembra, lo que representa una frecuencia del 71,1 %. Como tendencia central, la ventaja relativa de las aplicaciones en macollaje fue superior en niveles de rendimiento bajos a moderados (Figura 5). Esto se debe a los bajos rendimientos de 2012, al año donde la lixiviación del N a la siembra habría sido más relevante. Los bajos rendimientos se corresponden asimismo con las menores dosis de N, situación bajo la cual es más importante minimizar pérdidas y realizar un aprovechamiento eficiente. Por el contrario, en dosis altas de N una saturación de la respuesta disimularía posibles variaciones en la EUN. Al ser las dosis fijas, un rendimiento superior determina mayor EUN para las aplicaciones durante el macollaje (Figura 6), especialmente en dosis bajas de N (Figura 6).

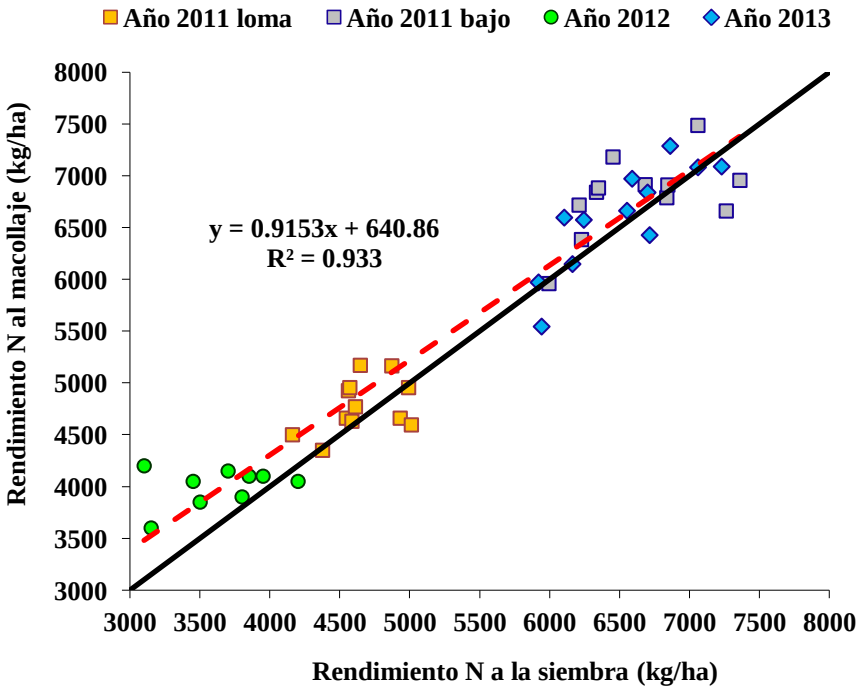

Figura 5: *Relación entre rendimiento de trigo con N aplicado en macollaje y a la siembra, según año y ambiente de producción. No se incluye el dato de La trinidad loma 2012,ya que en este ambiente sólo se realizaron tratamientos en macollaje.*

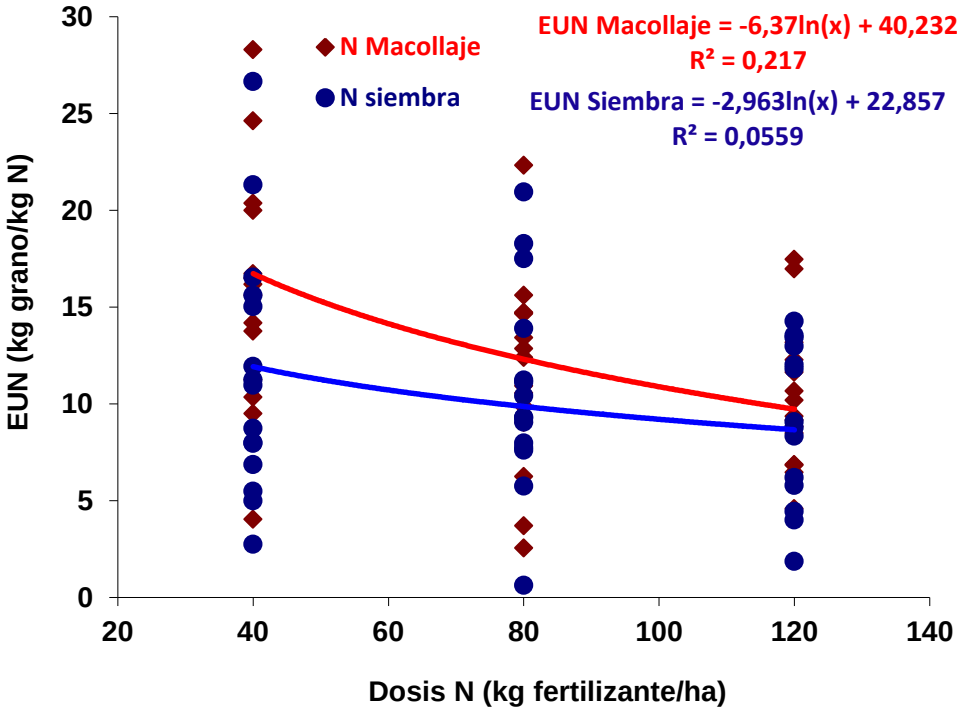

Figura 6: *Eficiencia agronómica de uso de Nitrógeno según dosis de fertilizante aplicado, para tratamientos a la siembra y durante macollaje. Campañas 2011, 2012 y 2013.*

CONCLUSIONES

Las características del ambiente y año climático modifican la eficiencia relativa de las aplicaciones a la siembra o en macollaje. La correcta elección del momento de fertilización adquiere mayor importancia en dosis bajas de N, donde es crítico maximizar la EUN. En un grupo de experimentos que abarcó diferentes suelos y años climáticos contrastantes, las aplicaciones de N en macollaje superaron a las de siembra en el 71,1 % de las comparaciones. Los resultados obtenidos sugieren que las pérdidas de N en cultivos invernales podrían haber sido subestimadas, siendo relevante arbitrar medidas de manejo para minimizarlas.

BIBLIOGRAFIA

* Barbieri P. A., H. E. Echeverría, y H. R. Sainz Rozas. 2008a. Nitratos en el suelo a la siembra o al macollaje como diagnostico de la nutrición nitrogenada en trigo en el sudeste bonaerense. Actas CD XXI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. San Luis. AACS.

* Barbieri, P.A.; H.E. Echeverría & H.R. Sainz Rozas. 2012. Alternatives for Nitrogen Diagnosis for Wheat with Different Yield Potentials in the Humid Pampas of Argentina. Commun. Soil Sci. Plan. 43: 1512-1522.

* Baumer, C.; C. Devito y N. González. 1996 Fertilización del Trigo en Siembra Directa. Publicaciones Técnicas I.P.G. INTA, Proyecto IPG. 24 p.

* Baumer C, Devito C, González N. 1997. Momentos de aplicación de nitrógeno en siembra directa en trigo. Rev. Tec. Agrop. 2(4): 5-7.

* Baumer, C.; C. Devito y N. González. 1998. Fertilizantes fluidos: Siembra de trigo en directa. EEA Pergamino INTA. R. Fertilizar. Nº 10: 22-23.

* Bruulsema T., C. Witt, F. Garcia, S. Li, T. N. Rao, F. Chen & S. Ivanova. 2008. A global framework for fertilizer BMPs. Better Crops 92(2):13-15.

* Chevallier Boutell, S., y M. Toribio. 2005.a. Ensayos de fertilización nitrogenada en Bragado (Prov. Buenos Aires). Profertil: Investigación y Desarrollo. Nº 3. 4 pp.

*Ciarlo E, Giardina E, Fritz F, López de Sabando M, Mousegne F, Giuffré L. Manejo de fertilización variable de nitrógeno en trigo y nitratos. Jornadas Argentinas de Conservación de Suelos 2013. Castelar, Julio 2013.

* Díaz Zorita M. 2000. Momento de aplicaciones de urea para aumentar la producción de grano de trigo en el oeste bonaerense. Actas XVII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. AACS, Mar del Plata, Argentina.

* Echeverría, H.E. & H. Sainz Rozas. 2005. Nitrógeno. En: HE. Echeverría & FO. García (eds). Fertilidad de Suelos y Fertilización de Cultivos. Editorial INTA, Buenos Aires, Argentina, pp. 69-95.
* Falotico, J.L.; G.A. Studdert & H.E. Echeverría. 1999. Nutrición nitrogenada del trigo bajo siembra directa y labranza convencional en condiciones de agricultura continúa. Ciencia del Suelo. 17: 15-27. * Fageria N.K. & V.C. Baligar. 2005. Enhancing nitrogen use efficiency in crop plants. Advances in Agronomy, Vol 88: 89
* Ferraris & Couretot. 2013. Respuesta a la fertilización en variedades de cebada cervecera y su comparación con un cultivar de trigo. En: Trigo y cultivos invernales en SD. Revista de AAPRESID. 8 pp.
* Ferraris y col. 2012. Rendimiento y eficiencia comparativa eficiencia de uso de fósforo, nitrógeno y agua en trigo y cebada cervecera en la región centro y noroeste de Buenos Aires.Resultados de tres campañas agrícolas: 2009, 2010 y 2011.Actas II Jornada de Cultivos Invernales INTA-AIANBA 2012. Pergamino, Mayo de 2012.
* Ferraris, G. y F. Mousegne (eds.). 2008.Efecto de diferentes estrategias de fertilización sobre el rendimiento y la calidad de perfiles de genotipo de trigo pan en el norte, centro y oeste de la provincia de Buenos Aires. Campaña 2006/07 y 2007/08. Trigo. Resultados de Unidades Demostrativas. Proyecto Regional Agrícola. pp 61-72.
* Ferraris, GN; Mousegne, F; Barraco, M; Cavo, J; Couretot, L; Falconi, R; Ferraris, O; Lemos, E; López de Sabando, M; Magnone, G; Martín, A; Melilli, P;Paganini, A; Pérez, G.; Pontoni, R; Zanettini, J; Scianca, C; Solá, R; Tellería, MG; Ventimiglia, L. 2014. Rendimiento y respuesta comparada a fósforo y nitrogeno en trigo y cebada cervecera (2009, 2010, 2011, 2012 y 2013). XXIV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. II Reunión Nacional "Materia Orgánica y Sustancias Húmicas" Producción sustentable en ambientes frágiles. Bahía Blanca, 5 al 9 de mayo de 2014
* García, F.; K. Fabrizi; A. Berardo & F. Justel. 1998. Fertilización de trigo en el Sudeste Bonaerense: respuesta, fuentes y momentos de aplicación. XVI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo: 109-110.
* García, F.O. & A. Berardo. 2005. Trigo. En: Echeverría H.E. y F.O. Garcia (eds). Fertilidad de Suelos y Fertilización de Cultivos. Editorial INTA, Buenos Aires, Argentina pp 233-253
* López de Sabando., M., Díaz Zorita, M. Otegui, F. Mousegne y P. Mercuri. 2008 Zonas de manejo agrícola en Argiudoles. IV. Productivodad de Trigo. En: XXI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. San Luis. (CD Rom).
* Melaj, M.A.; H.E. Echeverría; S.C. López; G. Studdert; F. Andrade & N.O. Bárbaro. 2003. Timing of nitrogen fertilization in wheat under conventional and no-tillage system. Agron. J. 95: 1525-1531.
* Melchiori R. y P. Barbagelata. 2001. Diagnóstico de Fertilización Nitrogenada para trigo en el Oeste de la provincia de Entre Ríos. En Resumen V congreso Nacional de Trigo. II Simposio Nacional de Cereales de Siembra Otoño Invernal. Villa Carlos Paz. Córdoba. P. 19.
* Prystupa P., G. Ferraris, T. Loewy, F.H. Gutierrez Boem, L. Ventimiglia, L. Couretot y R. Bergh. 2012. Fertilización nitrogenada de cebada cervecera cv. Scarlett en la provincia de Buenos Aires. XIX Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo. Mar del Plata. En CD.
* Ross F., J. Massigoge y M. Zamora. 2011. Fertilización de cebada cervecera en ambientes con tosca en el sur de Buenos Aires. Informaciones Agronómicas de Hispanoamérica 3: 9-13.
*Zadoks, J.C.; T.T. Chang & C.F. Zonzak. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. Weed Res. 14: 415-421.