

ESTRATEGIAS DE FERTILIZACIÓN NITROGENADA EN TRIGO: BALANCE HÍDRICO PARA EL SUR BONAERENSE

NAHUEL IGNACIO REUSSI CALVO¹ & HERNÁN EDUARDO ECHEVERRÍA²

¹CONICET; ²Unidad Integrada INTA EEA Balcarce - FCA UNMDP. C.C.276, (7620) Balcarce, Argentina.

Tel. 02266-439100. E-mail: hecheverr@balcarce.inta.gov.ar

Recibido: 09/07/06

Aceptado: 07/12/06

RESUMEN

La fertilización nitrogenada de base (siembra o macollaje) en trigo permite alcanzar elevados rendimientos, pero no contempla aspectos de la calidad de los granos. Las aplicaciones complementarias de N (espiga embuchada) constituyen una estrategia promisorias para incrementar la calidad bajo condiciones de adecuada disponibilidad hídrica. El objetivo de este trabajo fue determinar la probabilidad de ocurrencia de déficits o excesos hídricos en los momentos de fertilización de base y complementaria de N para el trigo en el sur bonaerense. Se utilizó el modelo CERES-wheat para determinar las fechas promedio de emergencia, fin de macollaje y espiga embuchada para el cultivo de trigo en Balcarce, Tres Arroyos y Puán. Además se realizó un balance hídrico anual, desde 1971 a 2001 y se determinó la probabilidad de ocurrencia de déficit y excesos hídricos para los momentos de interés. Se estimó para las tres localidades que el cultivo llega a la emergencia, fin de macollaje y espiga embuchada en la segunda década de julio, primero de octubre y tercero de octubre, respectivamente. Se determinó déficit hídrico en algún momento del ciclo en el 33% de los años para Balcarce, el 68% para Tres Arroyos y el 70% para Puán. Sin embargo en Balcarce y Tres Arroyos, se estimó una adecuada disponibilidad de agua desde la siembra del cultivo hasta la tercera década de octubre para el 97% y 74% de los años, respectivamente. Para el momento de emergencia del cultivo se determinó una probabilidad de ocurrencia de excesos hídricos mayores a 10 mm de 0,33 para Balcarce, 0,35 para Tres Arroyos y 0,12 para Puán. En Tres Arroyos y Puán se estimó déficit hídrico en la primera década de octubre para el 23 y 50% de los años, respectivamente. Para estos sitios, en la tercera década de octubre, se determinó déficit hídrico para 17 y 50%, respectivamente. Sin embargo, para Balcarce sólo se estimó déficit hídrico en la tercera década de octubre para el 3% de los años. La adecuada disponibilidad hídrica en Balcarce indicaría una alta probabilidad de tener respuesta para las aplicaciones de N de base y complementarias, no obstante las aplicaciones de N a la siembra del cultivo no parecería ser la estrategia más eficiente. Para Puán las aplicaciones de N a la siembra del cultivo sería la estrategia más eficiente, mientras que en Tres Arroyos la situación sería intermedia.

Palabras clave. *Triticum aestivum*, nitrógeno, balance hídrico, momento de fertilización nitrogenada.

WHEAT NITROGEN FERTILIZATION STRATEGY: WATER BALANCE FOR THE SOUTH OF BUENOS AIRES PROVINCE

ABSTRACT

Wheat nitrogen fertilization at planting or tillering allows the achievement of high yields, but it does not necessarily considerate grain quality. Under adequate water availability, complementary nitrogen fertilization at booting stage is a promissory strategy to increase grain quality. The aim of this work was to determinate the probability of water excess or stress during initial stages (sowing or tillering) or reproductive stages (booting) for wheat crop in the south of Buenos Aires province. Wheat Ceres model was utilized to determine average dates to emergence, late tillering and booting stages in Balcarce, Tres Arroyos and Puán. It was determined an annual soil water balance using a climatic series of 30 years (1971-2001), and it was estimated the probability of water stress or excess for these stages. Average date to emergence, late tillering and booting was the second decade of July, first and third decade of October, respectively. Water stress happened at some moment during the growing season in the 33, 68 and 70% of the years in Balcarce, Tres Arroyos and Puán, respectively. However, in Balcarce and Tres Arroyos water availability was adequate from sowing in the third decade of October for 97 and 74% of the years, respectively. At emergence stage, water excess greater than 10 mm was estimated in the 33, 35 and 12% of the years in Balcarce, Tres Arroyos and Puán, respectively. In Tres Arroyos and Puán, water stress for the first decade of October was estimated in the 23 and 50% of the years, respectively. For these counties, water stress in the third decade of October was estimated in the 17 and 50% of the years, respectively, but it was only 3% for Balcarce. These results would indicate that in Balcarce exist a high probability of achieve response for nitrogen fertilization at sowing, late tillering and booting, however nitrogen fertilization at sowing would not be an efficient practice to achieve high nitrogen use efficiency. In Puán, nitrogen fertilization at sowing would be the most efficiency strategy. In Tres Arroyos, nitrogen could be apply at sowing, late tillering and boot stage, although nitrogen fertilization at booting would have a lower probability of response than Balcarce.

Key words. *Triticum aestivum*, nitrogen, water balance, timing of nitrogen fertilization.

INTRODUCCIÓN

El nitrógeno (N) es el nutriente que con mayor frecuencia limita la producción vegetal, debido a las grandes cantidades requeridas por los cultivos y a la frecuencia con que se observan sus deficiencias en los suelos (Echeverría & Sainz Rozas, 2005). Una baja disponibilidad de N produce una reducción de la eficiencia de conversión de la radiación interceptada, del índice de área foliar y de su duración lo cual afecta el peso seco de las espigas a floración, variable altamente relacionada con el número de granos, principal componente del rendimiento del trigo (Abbate *et al.*, 1994). Considerando que el sur bonaerense participa con el 30% de la producción nacional de trigo (SAGPyA, 2006), la fertilización nitrogenada es una práctica de manejo necesaria para alcanzar elevados rendimientos.

La metodología más difundida de diagnóstico de N para el cultivo de trigo, se basa en la determinación del contenido de nitrato en el suelo (0-60 cm) al momento de la siembra (Calviño *et al.*, 2002). Se han reportado distintos umbrales de nitrato a la siembra según la zona, el rendimiento objetivo del cultivo y el sistema de labranza. En el sudeste bonaerense es más frecuente la ocurrencia de excesos hídricos al comienzo que al final de la estación de crecimiento del trigo, y en consecuencia, la aplicación de N de base a la siembra puede resultar en mayores pérdidas de N, reportándose menores rendimientos, eficiencias de uso de N (EUN) del fertilizante y de N en planta, respecto de fertilizaciones realizadas al macollaje (Melaj *et al.*, 2003). Este comportamiento es diferente en el sudoeste bonaerense, en donde es más frecuente que se presenten déficits hídricos durante el desarrollo del cultivo (Bergh *et al.*, 2006) y por lo tanto no se manifiesten diferencias relevantes entre momentos de aplicación de N.

Las metodologías de diagnóstico de N en base al análisis del contenido de nitrato en el suelo a la siembra o al macollaje no contemplan aspectos relacionados con la calidad comercial y panadera de los granos. Echeverría *et al.* (2004) determinaron que el empleo de altas dosis en estadios tempranos del cultivo no es una estrategia eficiente para mejorar el contenido de proteína y las propiedades reológicas de la masa. Las aplicaciones complementarias de N constituyen una estrategia promisoría para incrementar los parámetros relacionados con la calidad de los granos, cuando la fertilización de base (siembra o macollaje) es adecuada. Echeverría & Studdert (2001) reportaron incrementos del 1% en el contenido de proteína en grano por la aplicación de 20 kg N ha⁻¹ en espigazón. En línea con estos resultados, Loewy *et al.* (2004) determinaron incrementos en los parámetros de calidad de los granos (proteína y trabajo alveográfico), producto de la aplicación complementaria de N en antesis bajo condiciones de adecuada disponibilidad hídrica.

En cultivos de trigo invernales, Jeuffroy & Bouchard (1999) reportaron que el fraccionamiento de 1/3 y 2/3 o de 2/3 y 1/3 del N total aplicado al macollaje y al estadio de 3-4 nudos, respectivamente, produjo el mismo número de granos (NG) y rendimiento. Para el sudeste bonaerense, Saíz Rozas *et al.* (2006) determinaron un incremento en la eficiencia de recuperación de nitrógeno del fertilizante en grano, del contenido de proteína y de la EUN, por el fraccionamiento de la dosis de N entre macollaje y hoja bandera. Esta estrategia de fertilización requiere reservar una fracción del N que debería haberse aplicado de base (siembra o macollaje) para ser empleada en el estado de espiga embuchada o en antesis. No obstante, las aplicaciones de N en estos momentos podrían disminuir el rendimiento del cultivo sino ocurren precipitaciones que permitan la incorporación y absorción del N del fertilizante.

Si bien se conoce la distribución de las precipitaciones para los ambientes del sur bonaerense, se desconoce el impacto de las mismas sobre el balance hídrico del cultivo en ambientes de características edafoclimáticas contrastantes. Los modelos de simulación del crecimiento de los cultivos, como así también los balances hídricos surgen como herramientas promisorias a fin de despejar dichas incógnitas. Se planteó como objetivo determinar la probabilidad de ocurrencia de déficits o excesos hídricos en los momentos de fertilización de base y complementaria de N para el cultivo de trigo en el sur bonaerense.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se determinaron con el modelo CERES-wheat (Jones *et al.*, 2003) las fechas promedio de los estadios de emergencia, fin de macollaje y espiga embuchada para el cultivo de trigo en Balcarce, Tres Arroyos y Puán (Figura 1). Estos estados del cultivo simulan a los momentos de fertilización a la siembra, macollaje y pre-antesis. Se asumió como fecha de siembra el 1 de julio y se efectuaron corridas para cada campaña de la serie histórica 1971-2001. La información obtenida permitió calcular la suma térmica promedio (de 30 años) que el cultivo necesita para alcanzar los estados fenológicos mencionados. Se utilizó una temperatura base de 0 para dicho cálculo.

Además, se realizó un balance hídrico anual para el cultivo de trigo (desde 1971 a 2001), adaptando el modelo de Della Maggiora *et al.* (2003), el cual asume al suelo como un reservorio de agua, definido entre los límites máximos y mínimos de agua disponible para los cultivos. Este modelo supone que toda el agua de lluvia es captada por el suelo. Las variables de entrada son precipitaciones, riego, evapotranspiración de referencia (ET₀), coeficiente de cultivo (K_c), profundidad del suelo, límites máximos y mínimos de almacenaje de agua y almacenaje inicial. La evapotranspiración máxima (ET_M) se calculó corrigiendo la ET₀ por el K_c cuando el agua del suelo está fácilmente disponible. Si el suelo se seca por debajo de un umbral crítico (UC) se considera

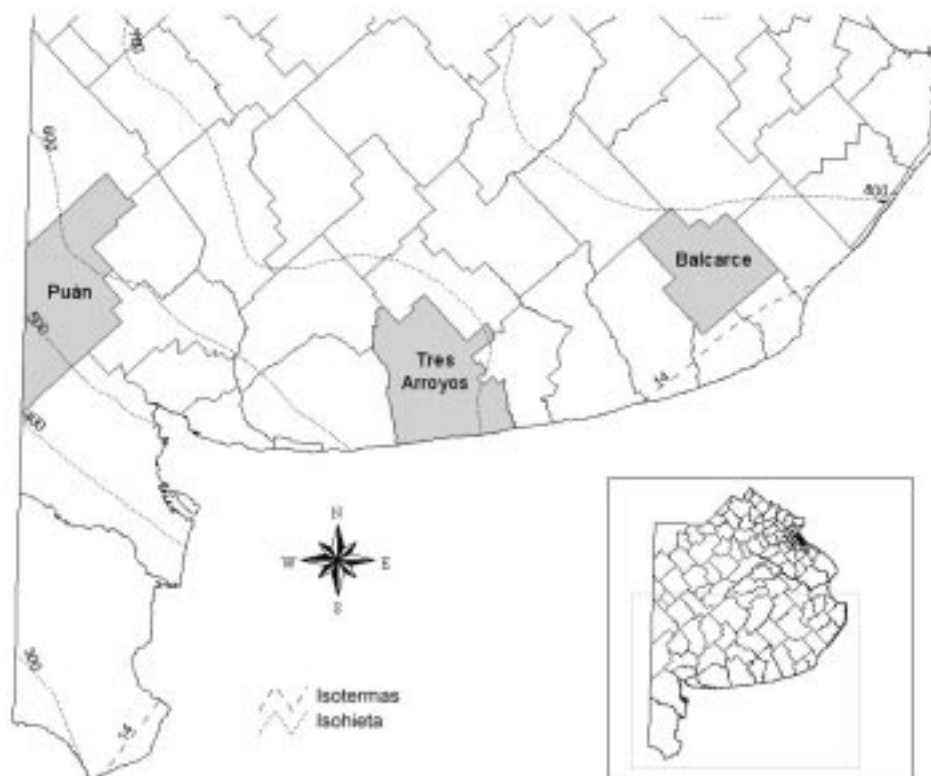


Figura 1. Mapa de la provincia de Buenos Aires indicando los partidos de Balcarce, Tres Arroyos y Púan.

Figure 1. Buenos Aires Province map indicating Balcarce, Tres Arroyos and Púan counties.

una disminución lineal de la evapotranspiración real respecto de la ETM hasta el límite mínimo. Los valores de las variables de entrada fueron suministrados por el Grupo de Agrometeorología de la Unidad Integrada INTA-FCA Balcarce. El UC utilizado durante todo el ciclo del cultivo fue del 50% del agua útil, el que implica un estrés fisiológico para el cultivo cuando la disponibilidad hídrica es inferior al mismo (Doorenbos & Kassam, 1979). Los Kc utilizados fueron obtenidos de tablas (Allen *et al.*, 1998).

Se determinó la probabilidad de ocurrencia de déficit y excesos hídricos para los momentos de emergencia, fin de macollaje y espiga embuchada (estados Z 09, Z 30, y Z 41 según Zadoks *et al.*, 1974, respectivamente), utilizando la información obtenida de los 31 balances de agua realizados en cada sitio. El balance hídrico se realizó sobre el suelo más representativo de cada partido según Salazar Lea Plaza & Moscatelli (1989). Para la realización del balance hídrico se hicieron los siguientes supuestos: en Balcarce y en Tres Arroyos el suelo no presenta limitantes de profundidad hasta 1 y 0,8 m, respectivamente. Al inicio del ciclo del cultivo el suelo se encuentra a capacidad de campo y la capacidad de retención de agua útil es de $1,7 \text{ mm cm}^{-1}$ (Travasso & Suero, 1994). Para Púan la profundidad efectiva del suelo es de 0,7 m y la capacidad de retención de agua útil es de 1 mm cm^{-1} de suelo (Salazar Lea Plaza & Moscatelli, 1989).

Se calculó la probabilidad de ocurrencia de déficits o excesos hídricos como el cociente entre el número de años en tal condición y el total de años analizados para cada decadio del ciclo del cultivo y se graficaron en función de este.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La suma térmica promedio necesaria para cumplir los períodos de siembra-emergencia, emergencia-fin de macollaje y fin de macollaje-espiga embuchada para los tres partidos se muestra en la Tabla 1. Con estos requerimientos térmicos y en función de la temperatura media del aire, el cultivo llegó en las tres localidades a la emergencia (Z 09), fin de macollaje (Z 30) y espiga embuchada (Z 41) aproximadamente en la segunda década de julio, primera década de octubre y tercera década de octubre, respectivamente. Estos resultados, obtenidos simulando siembras del 1 de julio, están de acuerdo con los obtenidos por Sadras & Monzón (2006), quienes determinaron poca variación en la fenología del trigo para fechas de siembra de 1 de junio o 1 de julio en la región Pampeana.

La disponibilidad hídrica en Balcarce, Tres Arroyos y Púan fue inferior al UC propuesto, en algún momento del ciclo del cultivo, indicando déficit hídrico en 33, 68 y 70% de los años bajo análisis, respectivamente (Figura 2 y 3). Sin embargo para Balcarce y Tres Arroyos, se estimó una adecuada disponibilidad de agua desde la siem-

Tabla 1. Valores promedio (1971-2001) de suma térmica, temperatura media y días necesarios para completar los períodos de siembra-emergencia (S-E), emergencia-fin de macollaje (E-FM) y fin de macollaje-espiga embuchada (FM-EE), para los partidos de Balcarce, Tres Arroyos y Puán.

Table 1. Mean values (1971-2001) of thermal sum, means temperature and days necessary to complete at emergence-sowing (E-S), late tillering-emergence (FM-E) and booting-late tillering (EE-FM) periods, in Balcarce, Tres Arroyos and Puán.

Estado del cultivo	Suma térmica (°C)	Temperatura media (°C)	Duración de la etapa (días)
Balcarce			
S-E	128 (8,5)	7,5 (1,2)	17 (2,7)
E-FM	755 (25)	9,5 (0,6)	79 (3,7)
FM-EE	309 (15)	13,4 (23)	22 (1,1)
Tres Arroyos			
S-E	130,7 (23,1)	7,3 (1,7)	18 (2,9)
E-FM	748,5 (31,7)	9,4 (0,56)	80 (3,1)
FM-EE	313,9 (11,7)	13,5 (1,03)	23 (1,3)
Puán			
S-E	127,1 (8,5)	7,1 (1,9)	18 (3,3)
E-FM	757,8 (37,2)	9,9 (0,7)	77 (3,5)
FM-EE	319,9 (15,6)	14,3 (1,4)	22 (1,2)

Valores entre paréntesis corresponden a = desvío estándar.

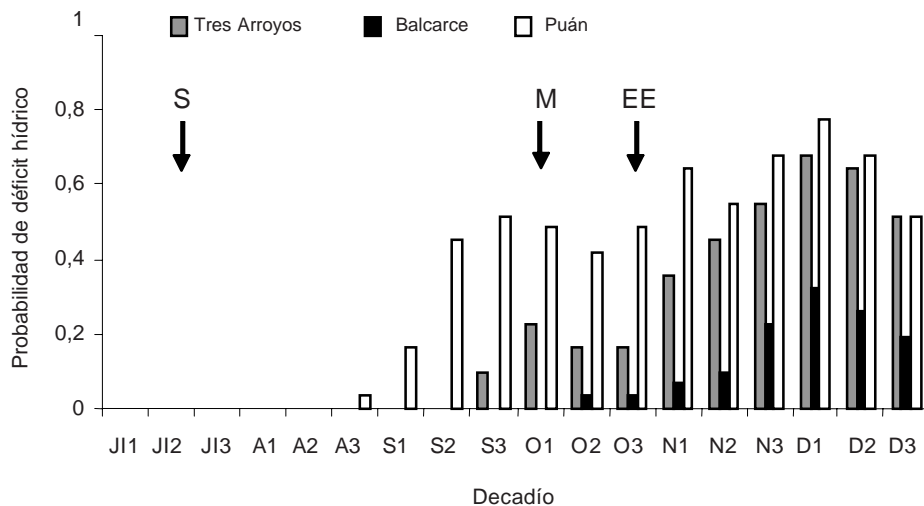


Figura 2. Probabilidad de ocurrencia de deficiencia hídrica para los partidos de Balcarce, Tres Arroyos y Puán. Las fechas indican momentos de fertilización a la siembra (S), macollaje (M) y espiga embuchada (EE).

Figure 2. Water deficiency probability in Balcarce, Tres Arroyos and Puán. The arrows indicate the fertilization moments at sowing (S), late tillering (M) and booting stages (EE).

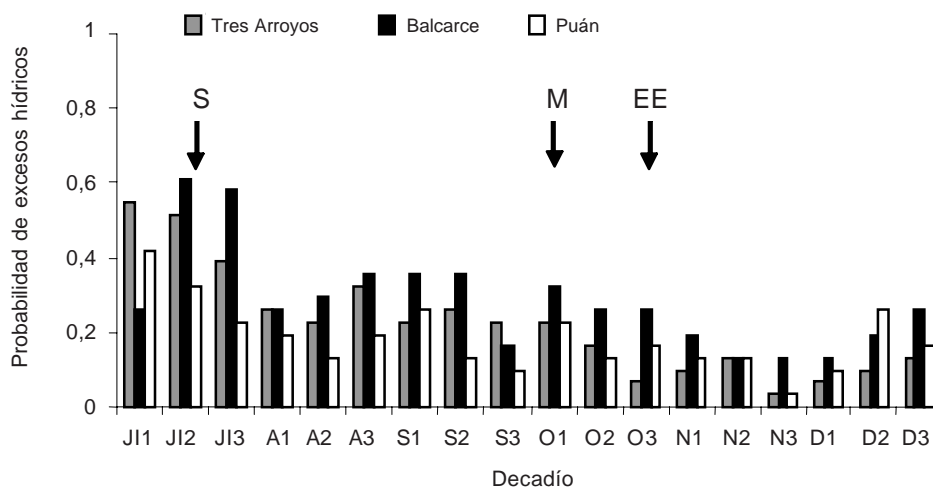


Figura 3. Probabilidad de ocurrencia de excesos hídricos para los partidos de Balcarce, Tres Arroyos y Puán. Las fechas indican momentos de fertilización a la siembra (S), macollaje (M) y espiga embuchada (EE).

Figure 3. Water excess probability in Balcarce, Tres Arroyos and Puán. The arrows indicate the fertilization moments at sowing (S), late tillering (M) and booting stages (EE).

bra del cultivo hasta la tercera década de octubre para el 97% y 74% de los años, respectivamente. En Puán, solamente el 27% de los años presentaron una adecuada disponibilidad hídrica en dicho período lo que sugiere una baja probabilidad de obtener respuestas al agregado de N en macollaje y espiga embuchada. La elevada disponibilidad hídrica estimada para Balcarce y Tres

Arroyos tornan factible las aplicaciones de N de base (siembra o macollaje) y complementarias.

No se determinaron déficits hídricos en la segunda década de julio (estadio Z09) para ninguno de los sitios, sin embargo la probabilidad de ocurrencia de excesos hídricos mayores a 10 mm en este período fue de 0,33, 0,35 y 0,12 para Balcarce, Tres Arroyos y Puán, respecti-

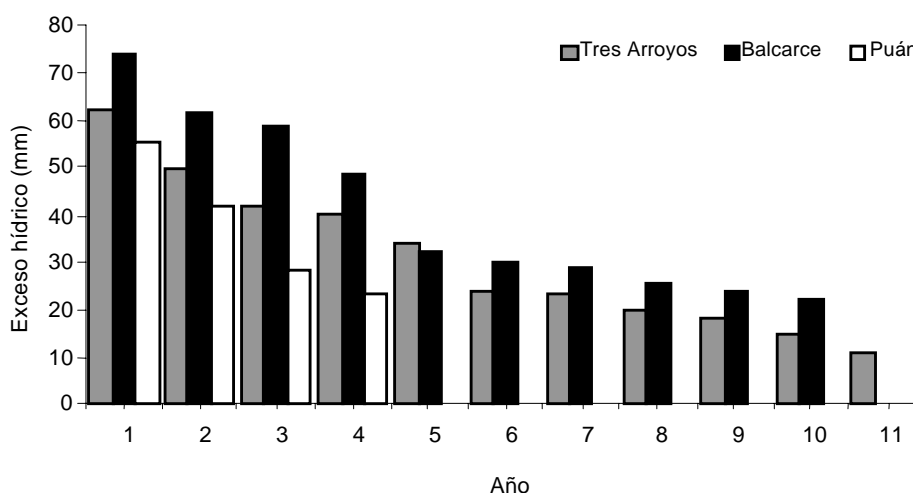


Figura 4. Años de ocurrencia de excesos hídricos mayores a 10mm en la segunda década de julio (máximo 30 años, serie histórica 1971-2001), en Balcarce, Tres Arroyos y Puán.

Figure 4. Years occurrence with water excess higher the 10mm in the second decade of July (maximum 30 years, series 1971-2000), in Balcarce, Tres Arroyos and Puán.

vamente (Figura 4). En promedio la magnitud del exceso hídrico fue de 37, 31 y 13 mm, respectivamente, lo cual ocasionaría en los tres partidos desplazamiento de agua semejantes en profundidad considerando las características texturales de dichos suelos. La alta frecuencia de excesos hídricos a la siembra del cultivo para los partidos Balcarce y Tres Arroyos, a lo que se le suma los bajos requerimientos de N del trigo en los primeros estadios, sugieren que la fertilización en dicho momento no sería una

estrategia adecuada para maximizar la EUN. Estos resultados confirman los obtenidos en ensayos en condiciones de campo en dichas localidades (Echeverría *et al.*, 2004).

Para Tres Arroyos y Puán se observaron déficit hídricos en la primera y tercera década de octubre, siendo mayor la magnitud y la frecuencia del déficit en Puán (Figura 5). Sin embargo la baja frecuencia de años con deficiencia hídrica en Tres Arroyos, torna factible la realización de aplicaciones complementarias de N.

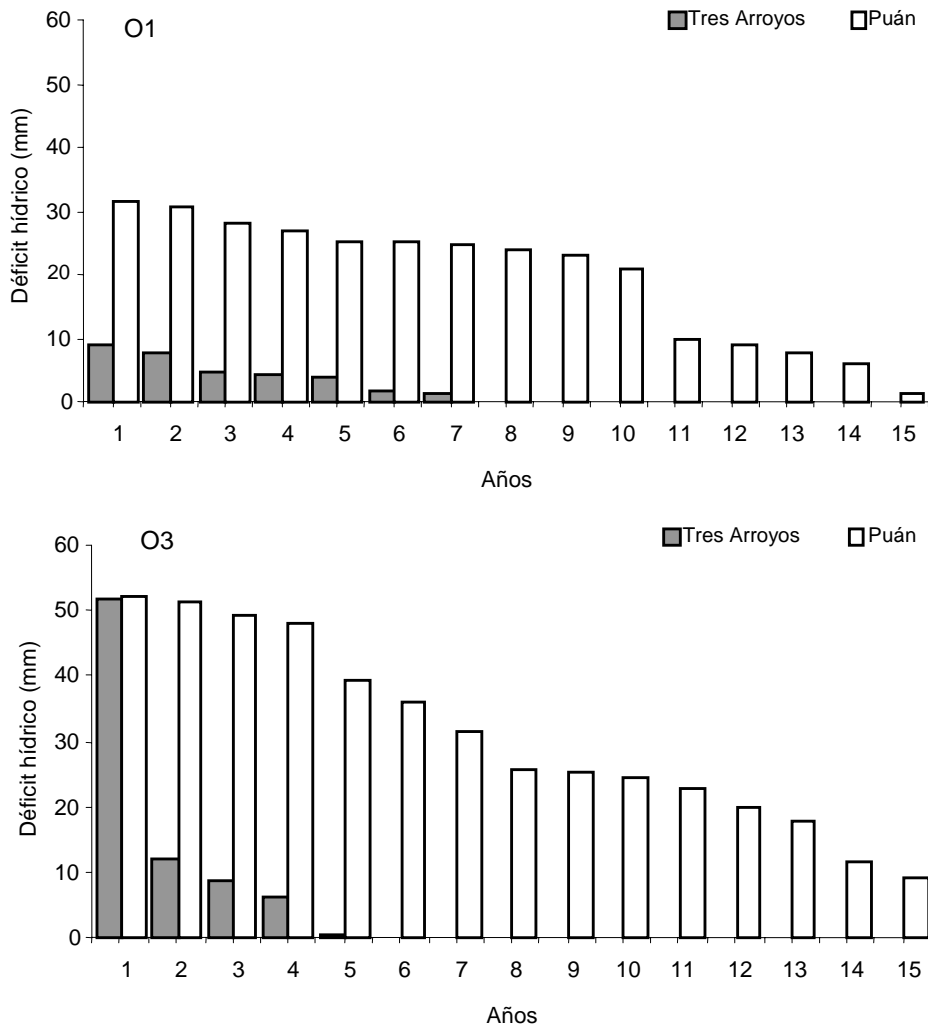


Figura 5. Años de ocurrencia de déficit hídrico en la primera (O1) y tercera (O3) década de Octubre (máximo 30 años, serie histórica 1971-2001), en Tres Arroyos y Puán.

Figure 5. Years occurrence of water deficiency in the first (O1) and third (O3) decade in october (maximum 30 years, series 1971-2000), in Balcarce, Tres Arroyos and Puán.

En Balcarce se determinó una baja probabilidad (0,03) de déficit hídrico en la tercera década de octubre, y por lo tanto la disponibilidad hídrica no limitaría el crecimiento del cultivo y la respuesta al agregado de N. La incorporación del fertilizante al suelo requiere que se humedezcan por lo menos los primeros cm del mismo, para lo cual se necesita en Balcarce aproximadamente 15 mm de agua (Travasso & Suero, 1994). En la Figura 6 se observa que en el 77% de los años analizados se registraron lluvias superiores a los 15 mm en la tercera década de octubre, esta información es relevante ya que una adecuada disponibilidad hídrica en esta etapa de desarrollo del cultivo permitiría la realización de aplicaciones tardías de N sin tener pérdidas de rendimiento o calidad, por falta de incorporación y absorción del N del fertilizante.

CONCLUSIONES

Para el partido de Balcarce, en la mayoría de los años se estimó una adecuada disponibilidad hídrica hasta el período de espiga embuchada del cultivo, lo cual indicaría una alta probabilidad de tener respuesta para las aplicaciones de N de base y complementarias. No obstante, la alta probabilidad de excesos hídrico a la siembra del cultivo, determinaría que la fertilización en dicho momento no parecería ser la estrategia más eficiente. De

manera contraria, para Puán la baja probabilidad de exceso hídrico a la siembra del cultivo y la alta frecuencia de déficit hídrico en la primera y tercera década de octubre, determinaría que las aplicaciones de N a la siembra del cultivo sea la estrategia más eficiente. Una situación intermedia se describió para Tres Arroyos, donde los excesos hídricos a la siembra fueron menores que para Balcarce y la probabilidad de déficit hídrico en macollaje y espiga embuchada fue menor que para Puán.

AGRADECIMIENTOS

Al Ing. Agr. Juan P. Monzón por su colaboración en la utilización de los modelos de simulación y a la Ing. Agr. Aida Della Maggiora por sus sugerencias en la realización de los balances hídricos. Trabajo financiado con recursos de la Est. Exp. Agrop. INTA de Balcarce y del proyecto AGR213/06 de la FCA-UNMP.

BIBLIOGRAFÍA

- Abbate, PE; FH Andrade & JP Culot. 1994. Determinación del rendimiento en trigo. Boletín Técnico N° 133. Estación Experimental Agropecuaria INTA Balcarce. Pág. 17.
- Allen, RG; LS Pereira; D Roes & M Smith. 1998. Crop evapotranspiration- guidelines for computing crop water requirements. FAO: *Irrigation and drainage* 56: 1-300.

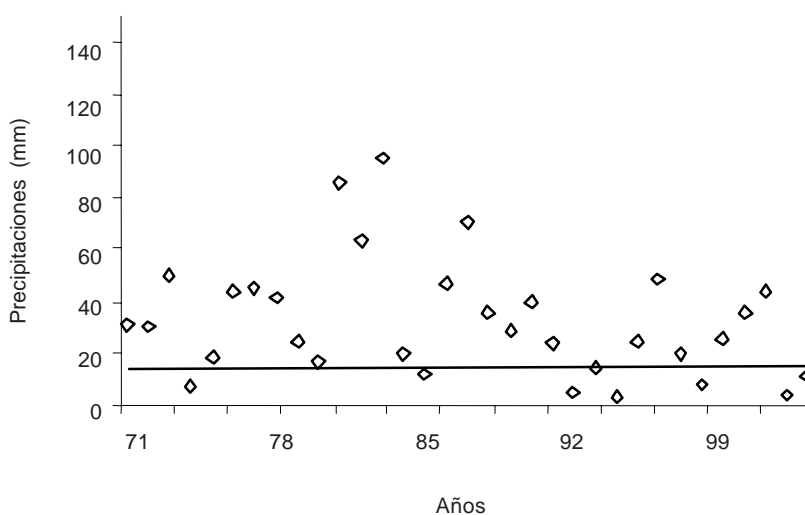


Figura 6. Precipitaciones registradas en Balcarce en la tercera década de Octubre (1971-2001). La línea horizontal= 15 mm.
Figure 6. Registered rainfall in Balcarce in the third decade of October (1971-2001). Horizontal lines= 15 mm rainfall

- Bergh, R; T Loewy & HE Echeverría. 2006. Fertilización nitrogenada: efecto sobre el rendimiento y la calidad panadera de trigo. Trigo en siembra directa. AAPRESID. Pág. 154-155.
- Calviño, P; HE Echeverría & M Redolatti. 2002. Diagnóstico de nitrógeno en trigo con antecesor soja bajo siembra directa en el sudeste bonaerense. *Ciencia del Suelo* 20: 36-42.
- 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.
- Doorenbos, J & AH Kassam. 1979. Yield response to water. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome. Pág. 1-180.
- Echeverría, HE & GA Studdert. 2001. Predicción del contenido de N en grano de trigo (*Triticum aestivum*) mediante el índice de verdor de la hoja bandera. *Ciencia del Suelo* 19: 67-74.
- Echeverría, H; R Berg & T Loewy. 2004. Nitrógeno en trigo: Rendimiento y calidad panadera. I. Fertilización de base. Actas VI Congreso Nacional de trigo. UNS-INTA. Bahía Blanca, Buenos Aires. Pág. 133-134.
- Echeverría, HE & H Sainz Rozas. 2005. Nitrógeno. Pp. 69-95. En: HE. Echeverría & FO. García (eds). Fertilidad de Suelos y Fertilización de Cultivos. Editorial INTA, Buenos Aires, Argentina.
- Jeuffroy, MH & C Bouchard. 1999. Intensity and duration of nitrogen deficiency on wheat grain number. *Crop Sci.* 39:1385-1393.
- Jones, JL; G Hoogenboom; CH Porter; KJ Boote; WD Batchelor et al., 2003. The DSSAT cropping system model. *Eur. J. Agron.* 18: 235-265.
- Loewy, T; HE Echeverría & R Berg. 2004. Nitrógeno en trigo: Rendimiento y calidad panadera. II. Fertilización complementaria. Actas VI Congreso Nacional de trigo. UNS-INTA. Bahía Blanca, Buenos Aires. Pág. 153-154.
- Melaj, MA; HE Echeverría; SC Lopez; GA Studdert; F Andrade & NO Barbaro. 2003. Timing of nitrogen fertilization in wheat under conventional and no-tillage system. *Agron. J.* 95:1525-1531.
- Sadras, VO & JP Monzon. 2006. Modelled wheat phenology captures rising temperature trends: shortened time to flowering and maturity in Australia and Argentina. *Field Crop Res.* 4671: 1-12.
- SAGPyA. 2006. Estimaciones Agrícolas. Disponible en <http://www.sagpya.gov.ar/>, verificado 3/08/2006.
- Saíenz Rozas, HR; HE Echeverría; PA Barbieri & NI Reussi Calvo. 2006. Evaluación de estrategias de fertilización nitrogenada de trigo en el sudeste bonaerense. Enviado al XX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, Salta- Jujuy, Argentina.
- Salazar Lea Plaza, JC & G. Moscatelli 1989. Mapa de suelos de la Provincia de Buenos Aires. Editorial Edipubli S.A, Buenos Aires, Argentina. Pág. 525.
- Travasso, MI & EE Suero. 1994. Estimación de la capacidad de almacenaje de agua en suelos del sudeste bonaerense. Boletín Técnico N° 125. Estación Experimental Agropecuaria INTA Balcarce. Pág. 9.
- Zadoks, JC; TT Chang & CF Zonzak. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Res.* 14: 415-421.