

A photograph of a cornfield at sunset, with the sky and clouds in shades of orange and yellow. The corn plants are in the foreground, and a line of trees is visible in the distance.

Seamaíz

XI Congreso Nacional de Maíz

**MANEJO DEL CULTIVO,
FERTILIDAD Y USOS**

RIEGO DEFICITARIO EN MAIZ MEDIANTE EL SOFTWARE BAHICU EN EL NORTE DE BUENOS AIRES

Lopresti M.^{a*}; Martínez Martínez I.^b; Cristofol J.^b; Ordoñez J.^b; Belforti R.^b; Cañon L.^b y Moreno D.^b

^a Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), EEA Pergamino, Ruta 32 km 4.5, Pergamino (2700), Buenos Aires, Argentina. *lopresti.mariano@inta.gob.ar

^b Limagrain Argentina S.A., Estación Experimental Chacabuco, Ruta 7 km 193,5, Chacabuco (B6740), Buenos Aires, Argentina.

MAIZE UNDER DEFICIT IRRIGATION THROUGH THE BAHICU SOFTWARE IN THE NORTH OF BUENOS AIRES

ABSTRACT

Complementary irrigation in northern Buenos Aires requires the contemplation of strategies that minimize the soil sodification risk. Deficit irrigation aims at reducing the irrigation water use and at stabilizing yields. The objective of this study was to evaluate the production of three maize hybrids under three irrigation treatments (rainfed, full irrigation and deficit irrigation). We conducted a field experiment on a clay soil during the 2017-2018 growing season. Irrigation was applied using a sprinkler system. The crop was irrigated during the entire crop cycle at the full irrigation and during the critical period at the deficit irrigation. The BAHICU software was used to the irrigation scheduling. The depth of the water table was 1 m at the beginning of the experiment and 1.5 m at the kernel milk stage. Grain yield and weight of 1000 grains were measured, and number of grain per m² and water use efficiency (WUE) were calculated. The yield was not influenced by the irrigation, perhaps because of the water table supply. On the other hand, the yield was influenced by hybrids. The influence of the water table in the treated area needs to be studied more in detail to take decisions about irrigation.

Palabras Clave

Fertilización, Residuos avícolas, Nutrición aviar.

Key Words

Fertilizers, Poultry residues, Poultry nutrition.

INTRODUCCIÓN

El riego deficitario es la aplicación de agua por debajo de los requerimientos de evapotranspiración del cultivo (ETc) (Ferer y Soriano, 2006). En función del clima (húmedo, subhúmedo o árido) y el cultivo a regar, pueden generarse distintas estrategias de riego deficitario con el objetivo de reducir el uso del agua de riego y mantener los niveles de rendimiento. En regiones húmedas, una estrategia de riego deficitario consiste en aplicar el agua en las fases del cultivo más sensibles a la sequía (momentos críticos); fuera de esas fases, el riego es limitado o incluso nulo si el agua de lluvia provee una mínima cantidad de agua. La adopción de una estrategia de riego implica el conocimiento de la ETc y la respuesta al estrés hídrico durante las distintas fases fenológicas. Dada la sensibilidad del maíz a la sequía durante el período alrededor de floración (período crítico), si se produce un déficit hídrico en dicho período la respuesta del cultivo al riego será alta (Andrade *et al.*, 1996).

El norte de Buenos Aires se caracteriza por ser una región predominantemente agrícola bajo condiciones de secano, el riego es de tipo complementario. La principal limitante que presenta el riego en la región es la calidad del agua. El agua es bicarbonatada sódica (Santa Cruz, 1988); y en consecuencia, el principal impacto del riego complementario es la sodificación del suelo (Sánchez *et al.*, 2015; Torres Duggan *et al.*, 2016). El porcentaje de sodio intercambiable (PSI) del suelo se

sexuplicó luego de 11 años de riego complementario sobre un Argiudol Típico del norte de Buenos Aires (Andriulo *et al.*, 1998). El riego deficitario en la región permitiría estabilizar el rendimiento y minimizar la entrada de sodio al suelo, además del ahorro energético por el menor uso del equipo de riego. Más que la obtención de máximos rendimientos, el objetivo del riego deficitario pasa por la estabilización del rendimiento y la maximización de la productividad del agua (Geerts y Raes, 2009).

El software BAHICU (Andriani, 2012) es un modelo de balance hídrico para cultivos extensivos, ideado principalmente para sistemas bajo riego dado que facilita la toma de decisión en cuanto a cuándo y cuánto regar. El software requiere pocos datos de entrada y fue desarrollado en el sur de Santa Fe, Argentina. El programa posee sus propios coeficientes de cultivo (Kc) para la obtención de los valores de la ETc. A su vez, la tasa de crecimiento de las raíces del cultivo y los tipos de suelo de la Pampa Húmeda Argentina son tenidos en cuenta para calcular el contenido de agua en el suelo. El objetivo de este estudio fue evaluar la producción de tres híbridos de maíz bajo tres tratamientos de riego (riego completo, riego deficitario y secano). El riego completo se produjo siguiendo los requerimientos del cultivo durante todo su ciclo y en el riego deficitario se regó solamente durante el período crítico (PC) del cultivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se llevó a cabo en la Estación Experimental Chacabuco de Limagrains Argentina S.A. (34° 34' 47" S, 60° 21' 4" O y 67 snm), sobre un suelo Argiudol ácuico perteneciente a la Consociación series Chacabuco 90% y Rawson 10%, con una capacidad de uso llw y un Índice de Productividad de 75,4% (<http://anterior.inta.gov.ar/suelos/cartas/index.htm>). La precipitación media anual de la zona, con un régimen de tipo monzónico, es de 1043 mm (1981-2010, Servicio Meteorológico Na-

cional-Estación Junín Aero). La campaña analizada fue la 2017/18, la precipitación durante los meses de noviembre y diciembre de dicha campaña fue 70 mm, 151 mm por debajo de la media histórica (221 mm). El día 12 de enero se produjo un tornado con fuerte caída de granizo, la biomasa se vio severamente afectada, no así las espigas y no hubo plantas volcadas.

Los híbridos de maíz sembrados fueron LG 30775 VT3P, LG 30815 MGR2 y LG EXP794

VT3P (H1, H2 y H3), con un distanciamiento entre hileras de 70 cm. La siembra se realizó el 07/10/2017 y la cosecha el 19/03/2018. Todos los tratamientos se fertilizaron a la siembra con 138 kg ha⁻¹ de nitrógeno y 120 kg ha⁻¹ de fósforo. La floración femenina se produjo el 30/12/2017 y el PC se produjo entre el 10/12/2017 y el 18/01/2018 (considerando 20 días antes y después de la floración femenina).

El diseño del experimento fue en parcelas divididas, que tuvo como parcela principal a los tres tratamientos de riego y como subparcela a los híbridos de maíz con dos repeticiones cada uno. La superficie de la subparcela fue de 14 m² (largo: 5 m, ancho: 2,8 m). En cada subparcela, sobre muestras de cuatro m², se midió el rendimiento de grano (14,5 H%) y el peso de 1000 granos; a su vez, se calculó el número de granos m⁻² y la eficiencia en el uso del agua (EUA) del cultivo (Ecuación 1). Los dos componentes principales del rendimiento son el número de granos por unidad de superficie y el peso promedio de cada grano, el producto de ambos componentes explican el rendimiento (Cárcova et al., 2003). La EUA es un indicador que permite identificar la mejor estrategia de riego cuando se realiza riego complementario en cereales (Pereira et al., 2002). La ETc de los tratamientos bajo riego y secano se obtuvo del software utilizado.

$$EUA \text{ (kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}\text{)} = Y / ETc \quad \text{(Ecuación 1)}$$

donde Y es el rendimiento del cultivo (kg ha⁻¹) y ETc es la evapotranspiración total del cultivo (mm).

El riego fue aplicado mediante aspersores (uno por tratamiento de riego). La versión del

BAHICU, utilizada para la programación del riego, fue la 1.02 (<http://inta.gov.ar/noticias/nuevo-software-de-balance-hidrico-de-cultivos-extensivos-bahicu-102>). El software provee dos salidas, un gráfico y una tabla, con la evolución diaria del contenido de agua disponible en el suelo para el cultivo sembrado. El software permite predecir el momento de entrada en estrés hídrico del cultivo, el límite de estrés preestablecido por el modelo equivale al 50% de la capacidad de campo. La medición de la humedad del suelo a la siembra es requerida para iniciar la corrida del balance hídrico. El modelo requiere la carga de la evapotranspiración potencial (ETP) diaria, la lluvia y la lámina de agua regada. Para el cálculo de la ETP fue utilizada la Ecuación de FAO Penman-Monteith, utilizando para ello una planilla de Excel destinada para tal fin. Los datos meteorológicos provinieron de una estación automática ubicada en la Estación Experimental donde se realizó el ensayo. La lámina de riego aplicada se calculó a través del promedio de tres pluviómetros distribuidos al azar en las parcelas bajo riego. BAHICU contempla el sistema de riego utilizado, la pendiente y la cobertura superficial del suelo. Es de destacar la presencia de la napa freática, al inicio del ensayo se encontraba a 1 m de profundidad; en el estado de grano lechoso del cultivo se volvió a observar la profundidad de la misma y se encontraba a 1,5 m.

Los resultados fueron analizados mediante un análisis de la varianza (ANOVA) y comparación de medias con el test de LSD Fisher. La significancia estadística se determinó con un p < 0,05 y el software utilizado fue InfoStat (Di Rienzo et al., 2015).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Si bien el balance de agua para cada tratamiento de riego fue distinto (Fig. 1), el efecto del riego no se vio reflejado en el rendimiento de grano ($p > 0,05$). Durante el PC del cultivo, el agua disponible en el suelo superó levemente el límite de estrés solamente bajo riego completo. En los demás tratamientos el nivel de agua disponible no alcanzó a cubrir

el límite de estrés, siendo la distancia entre ambas líneas mayor en secano. El rendimiento promedio fue 8120 kg ha⁻¹. La no influencia del riego se considera que se debió al aporte de agua de la napa freática, y a que el requerimiento de agua del cultivo no pudo ser cubierto en su totalidad ya que bajo riego el agua disponible en el suelo sólo alcanzó el

límite de estrés. Por lo tanto, el efecto del riego se consideró nulo, y en consecuencia la interacción entre el riego y los híbridos no fue contemplada. Nosetto *et al.* (2009) midieron la profundidad óptima de la napa freática donde se obtienen los mayores rendimientos de maíz en un suelo arenoso de la Pampa Argentina, la misma fue entre 1,4-2,45 m. Al no

haber existido un efecto del riego en el rendimiento, en secano se evitó el ingreso de sodio al suelo y hubo un ahorro energético por el no uso del equipo de riego. Posiblemente, la diferencia en la ETc debido al riego se hubiera visto reflejada en la producción de biomasa, si ese hubiese sido el destino de la producción.

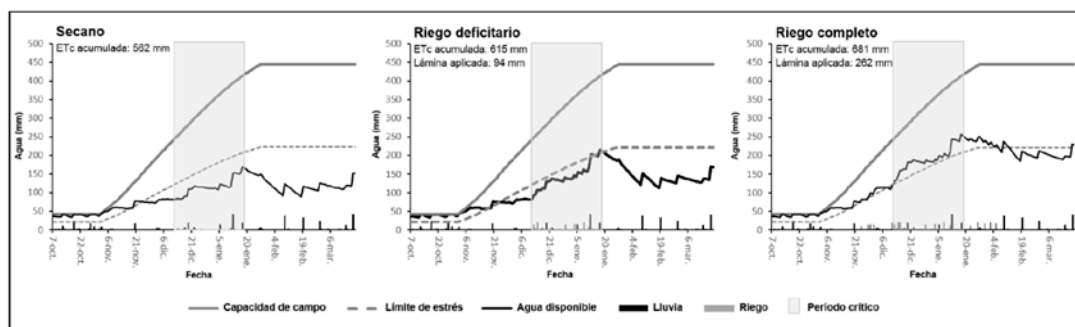


Figura 1. Salida gráfica del modelo BAHICU. Balance de agua en el suelo en secano, riego deficitario y riego completo.

Al observar el efecto del híbrido sobre el rendimiento (significativo, $p < 0,05$), el híbrido H1 presentó un mayor rendimiento que los otros dos (Tabla 1). Este mayor rendimiento se debió al mayor peso del grano, ya que, de acuerdo a la prueba de LSD Fisher, el híbrido H1 se diferenció en el peso

de 1000 granos, no así en el número de granos m^{-2} . Si bien no se observó una diferencia estadísticamente significativa de la EUA entre los híbridos tratados, es posible que la EUA del híbrido H1 sea mayor. Esto posicionaría al híbrido H1 en una condición de mayor estabilidad ante condiciones de sequía.

Híbrido	<i>n</i>	Rendimiento (kg ha ⁻¹)	Número de granos m ⁻²	Peso de 1000 granos (g)	EUA (kg ha ⁻¹ mm ⁻¹)
LG 30775 VT3P (H1)	6	8830 a	2995 a	295 a	14,4 a
LG 30815 MGRR2 (H2)	6	7940 b	2990 a	265 b	12,9 a
LG EXP794 VT3P (H3)	6	7580 c	2965 a	255 b	12,2 a
EE *		100	115	8	0,8

Datos con diferente letra difieren significativamente (LSD Fisher, $p < 0,05$). * EE: Error estándar.

Tabla 1. Rendimiento, número y peso de granos y eficiencia en el uso del agua (EUA) de los híbridos tratados.

CONCLUSIÓN

El rendimiento del maíz no se vio influenciado por el riego, posiblemente debido al aporte de agua de la napa freática. No obstante, se observó una influencia del híbrido en el rendimiento. El uso del programa BAHICU fue una herramienta válida para conocer la dinámica del agua disponible en el suelo y el límite de estrés durante todo el ciclo del cultivo. El software permitió comparar la EUA de los híbridos

tratados. En el futuro se sugiere estudiar con mayor detalle la influencia de la napa freática en la zona de estudio, con el objeto de optimizar la producción de granos bajo riego.

Agradecimientos

A la Estación Experimental Limagrain de Chacabuco por su total colaboración. Este trabajo fue desarrollado en el marco del Proyecto del INTA PNAGUA 1133042. A Alfredo Cirilo, Salvador Prieto Angueira, Oscar Bertín, M. José Beribe y Hernán Sceglío por sus valiosos aportes.

Referencias

Andrade F.; Cirilo A.; Uhart S.; Otegui M., 1996. *Ecofisiología del cultivo de maíz. La Barrasa (Ed.)*, Dekalb Press, INTA, FCA UNMP p. 292.

Andriani J.M., 2012. *Desarrollo y validación del software de balance hídrico de cultivos extensivos "BAHÍCU"* En: XIX Congreso Latinoamericano y XXIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, Mar del Plata, Argentina.

Andriulo A.; Galetto M.L.; Ferreyra C.; Cordone C.; Sasal C.; et al., 1998. *Efecto de once años de riego complementario sobre un Argiudol típico Pampeano*. Ci. Suelo 16, 125-127.

Cárcova J.; Abeledo L.G.; López Pereira M., 2003. *Análisis de la generación del rendimiento: Crecimiento, partición y componentes*. En: Satorre EH; Benech Arnold RL; Slafer GA, et al. (Eds.), *Producción de Granos: Bases funcionales para su manejo*. FAUBA, pp. 75-98.

Di Rienzo J.A.; Casanoves F.; Balzarini M.G.; Gonzalez L.; Tablada M.; et al., 2015. *InfoStat*, FCA, UNC.

Fereres E.; Soriano M.A., 2006. *Deficit irrigation for reducing agricultural water use*. J. Exp. Bot. 58: 147-159.

Geerts S.; Raes D.; 2009. *Deficit Irrigation as an on-farm strategy to maximize crop water productivity in dry areas*. Agric. Water Manag. 96: 1275-1284.

Nosetto M.D.; Jobbágy E.G.; Jackson R.B.; Sznaider G.A., 2009. *Reciprocal influence of crops and shallow ground water in sandy landscapes of the Inland Pampas*. Field Crops Res. 113: 138-148.

Pereira L.S.; Oweis T.; Zairi A., 2002. *Irrigation management under water scarcity*. Agric. Water Manag. 57: 175-206.

Sánchez R.M.; Guerra L.D.; Scherger M., 2015. *Evaluación de las áreas bajo riego afectadas por salinidad y/o sodicidad en Argentina*. FAO-INTA, pp. 1-67.

Santa Cruz J.N., 1988. *Caracterización del recurso hídrico subterráneo con miras al riego complementario en la región NNE –maicera típica- de la provincia de Buenos Aires*. En: Proyecto de cooperación para la modernización del sector agropecuario, SAGyP - IICA. IICA-Oficina de Argentina N° 15, pp. 1-83.

Torres Duggan M.; Álvarez C.R.; Rimski Korsakov H., 2016. *Evaluación y monitoreo de suelos bajo riego complementario en la Región Pampeana*. En: 5° Reunión Internacional de Riego: Uso eficiente del agua para riego, INTA Manfredi (Ed.), pp. 13-39.