



Análisis del impacto del riego por goteo subterráneo para maíz en el valle bonaerense del Río Colorado

Varela Patricio E.

Introducción

La actividad agrícola del Valle Bonaerense del Río Colorado (VBRC) está sustentada en el riego complementario con agua derivada del río Colorado. Hacia ambas márgenes del río, en forma alternativa o reincidente, se irrigan cerca de 140.000 ha. En forma casi excluyente los métodos de riego empleados son gravitacionales (Sánchez, 2013, CORFO, 2016).

En el VBRC el 52% del área irrigada se destina a pasturas, el 39% a cereales y solo el 9% a cultivos hortícolas (Lucanera *et al*, 2013-15). A pesar de la escasa participación relativa, la cebolla y otros hortícolas utilizan cerca de la mitad del agua del sistema.

El área ocupada por el maíz muestra una tendencia incremental, que posiciona a este cultivo como el principal cereal (Lucanera *et al*. 2005-15). En las últimas cinco campañas se sembraron 12.940 ha de maíz, reflejando un crecimiento de más de dos veces y media la referencia de una década atrás.

Sin diferenciarse del resto de las producciones, el cultivo de maíz habitualmente se riega por gravedad. En situaciones óptimas suelen emplearse hasta cinco riegos, de al menos 84 mm cada uno (Sánchez, 2013). De acuerdo a la textura del suelo, fenología del cultivo, grado de enmalezamiento del lote y desempeño del regante, las láminas aplicadas frecuentemente suelen ser aún mayores (Varela *et al*, 2014). Esta situación hace que los valores de eficiencia de aplicación del agua de riego en la parcela rara vez superen el 50% (Sánchez, 2013; Varela *et al*, 2014).

Los rendimientos medios del VBRC son menores a 8 t ha^{-1} (Lucanera *et al*, 2015), similares a los valores nacionales bajo condiciones predominantes de secano. El rendimiento obtenido por los productores del VBRC está alejado del techo de rendimiento señalado por Rivas (2015).

En un sitio determinado el rendimiento del maíz depende de los límites que el ambiente le imponga para crecer y destinar ese crecimiento a los órganos cosechables. Generalmente la brecha entre los rendimientos obtenidos y los máximos alcanzables están explicados por la oferta hídrica durante estadios fenológicos claves (Cirilo *et al*, 2012).



Aunque se pueden lograr mejoras en los valores de eficiencia de aplicación del agua de riego bajo sistema gravitacional (Varela *et al*, 2014), existe fuerte evidencia de la superioridad del riego por goteo subterráneo (RGS, Camp, 1998). Según Lamm y Trooien (2003), el consumo de agua del maíz se redujo más de la mitad mediante RGS. Este sistema también presenta menor percolación profunda de agua y aumenta la eficiencia del uso de los fertilizantes (Ayars *et al*, 1999, Lamm *et al*, 2001; Trakalson *et al*, 2009). Ello redundará en una mejora generalizada del rendimiento de los cultivos regados con RGS, incluyendo al maíz (Camp, 1998; Ayars, 1999; Lamm, 2003).

La finalidad de este trabajo fue establecer una comparación entre los resultados obtenidos con RGS, los del mismo híbrido en los ensayos comparativos de rendimiento de la EEA y los valores medios de la producción de maíz del VBRC.

Materiales y métodos

Se compararon tres situaciones de manejo productivo para maíz, observadas en el VBRC:

Medio: Se consideraron las condiciones del cultivo de maíz de los últimos cinco ciclos agrícolas en el VBRC informadas por Lucanera *et al* (2015).

Ensayo: Se consideró el comportamiento del híbrido DK72-10VT3P (Dekalb) en los tres últimos ensayos comparativos de rendimiento (ECR) de maíz, con riego gravitacional en la EEA H. Ascasubi (Rivas, 2015; Rivas, 2014; Rivas, 2013).

Máximo: Comportamiento del híbrido DK72-10VT3P en la unidad piloto con el RGS.

La experiencia se desarrolló en una parcela fuera de cota para el riego gravitacional, de la EEA INTA Hilario Ascasubi (39°23'54" S, 62°37'55" O).

Bajo una cobertura de centeno existente y en una superficie de 2 hectáreas se dispuso el sistema de riego subterráneo NETAFIM™ utilizando el implemento enterrador de cintas. Los laterales de riego se instalaron en un marco de 0,70 m en el plano horizontal y a 0,20 m de profundidad. La equidistancia entre emisores de riego fue de 0,30 m con un caudal nominal por gotero de 1 L h⁻¹. El esquema planteado dispuso que, en la ha de riego, sobre 14.285,70 m de laterales de goteo los 47.619 emisores tuvieran la capacidad de erogar una lámina de riego de 4,7 mm h⁻¹.



El cultivo de maíz fue regado en base a los requerimientos hídricos, según las necesidades establecidas por Sánchez (2013) y ajustada con los datos meteorológicos relevados en la estación meteorológica de la EEA Hilario Ascasubi (Cepeda, 2015-16).

El 6 de noviembre de 2015 se sembró el híbrido DK72-10VT3P (Dekalb).. La densidad de siembra planteada fue $90.000 \text{ pl ha}^{-1}$, con 0,70 m de separación entre hileras. En conjunto con la siembra se fertilizó con 192 kg ha^{-1} de fosfato diamónico (DAP) aplicados lateralmente a la línea. El resto de la fertilización nitrogenada se realizó mediante el fertirriego. Como fuente de nitrógeno (N) se usó solución de urea (46-0-0) incorporada al sistema con una bomba inyectora de pistón hidráulico marca Amiad®.

Las variables analizadas fueron:

Cantidad de riegos: Número de eventos de riego que recibió el cultivo.

Láminas de riego aplicadas (mm). Para la situación Medio fue estimada según Sánchez (2013), mientras que para la situación Ensayo fue la registrada por Rivas (2015). La lámina de riego en la situación Máximo se estableció de acuerdo a las condiciones climáticas y las necesidades de agua del maíz según Sánchez (2013).

N aportado (kg ha^{-1}): La dosis para las situaciones medio y ensayo se establecieron en base a Rivas, J; Urrutia, G. y Ramírez, W. (comunicación personal) y Rivas (2013-15) informada en los ECR de maíz en la EEA Ascasubi. La dosis de nitrógeno para la situación máximo se definió en base a la recopilación bibliográfica (García, 2005; Steinbach *et al*, 2006; Ciampitti *et al*, 2010; Bender *et al*, 2013).

Rendimiento comercial (kg ha^{-1}): Se determinó solamente en el módulo de RGS usando 5 repeticiones de $3,5 \text{ m}^2$. Los valores de las situaciones medio y ensayo corresponden a los informados por Lucanera *et al* (2015) y Rivas (2015).

Eficiencia en el uso del agua de riego (EUA): se obtuvo mediante la relación entre el peso del grano cosechado y el volumen de agua de riego aplicado expresada en kg m^{-3} .

Eficiencia agronómica del N (EA_N): Relación ente el peso del producto y la cantidad de nitrógeno aportado expresado en $\text{kg}_{\text{grano}} \text{kgN}^{-1}$.

Resultados y discusión

Para analizar los resultados subsiguientes se consideró la situación Medio como el 100% y se compararon las situaciones Ensayo y Máximo con la primera.

Lamina de riego

La lámina y cantidad de riegos medidos o estimados fueron ajustados al sistema de riego y manejo (tabla 1). Dado que hubo abundantes precipitaciones los eventos de riego para la situación Medio fueron menores a los informados por Sánchez (2013). La situación Máximo resultó un 51,5% y 61,3% menor en lámina aplicada a las situaciones Medio y Ensayo respectivamente. A su vez la situación Medio manifestó 33% menos de lámina. Estos valores indican que el RGS permitió reducir al menos a la mitad la erogación de agua en coincidencia con Camp (1998) y Lamm (2003).

Tabla 1. Lámina y cantidad de riegos aplicados por situación de manejo. **Proporción %_{medio}:** proporción porcentual respecto a la situación Medio.

	Medio	Ensayo	Máximo
Riegos (n°)	3	4	14
Lámina (mm)	252	336	130
Proporción (% _{medio})	100,0	133,3	51,5

El principal factor que destacó favorablemente al RGS del riego gravitacional fue la elevada eficiencia de aplicación del agua dada la posibilidad de regar con láminas muy reducidas. Caso contrario ocurrió en los sistemas gravitacionales donde es muy complejo lograr valores de eficiencia elevados (Varela et. al. 2014). Por tal motivo, si bien la situación Máximo recibió hasta 10 eventos de riego más que las otras dos, el acumulado final fue tan bajo.

Fertilización nitrogenada

La fertilización nitrogenada de la situación Máximo estuvo orientada a satisfacer la demanda de un cultivo de maíz de alto potencial de rendimiento (Tabla 2). La posibilidad de fertirriego permitió particionar la dosis de N en siete aplicaciones semanales (23+23+23+23+46+46+57,5 kg-N ha⁻¹) que se hicieron desde V4 hasta R1 (Ritchie y Hanway, 1984).

Tabla 2. Dosis de nitrógeno aplicado sobre el cultivo en cada situación de manejo. **Proporción %_{medio}**: proporción porcentual respecto a la situación Medio.

	Medio	Ensayo	Máximo
N (kg ha ⁻¹)	78	179	276
Proporción (% _{Medio})	100,0	229,5	353,8

Los niveles de fertilización establecidos para la situación Medio fueron considerablemente menores que las otras alternativas. Esto, no se debe a la falta de potencial de rendimiento, sino fundamentalmente a la oportunidad de uso del agua de riego que usualmente tiene el productor. En el VBRC, el principal cultivo demandante de agua es la cebolla, la cual insume alrededor de la mitad del agua disponible durante el ciclo hidrológico (Sanchez, 2013). Por ello es incierto decidir la fertilización correcta cuando se desconoce la disponibilidad de agua, mediante la cual los nutrientes de los fertilizantes se traduzcan en una mayor eficiencia agronómica.

Rendimiento

El rendimiento comercial registrado en el manejo bajo RGS fue de 18.274 kg ha⁻¹. Este representó 257,4% y 26,9% más referidos a las situaciones Medio y Ensayo respectivamente (Tabla 3).

Tabla 3. Rendimiento (**Rend.**) del maíz en cada situación de manejo. **Proporción %_{medio}**: proporción porcentual respecto a la situación Medio.

	Medio	Ensayo	Máximo
Rend. (kg ha ⁻¹)*	7.100	14.403	18.274
Proporción (%)	100,0	202,8	257,3

*todos los valores están expresados en base 14,5% de humedad.

El RGS se destacó por encima de las situaciones de riego gravitacional por poder suministrar, en diferentes momentos y con gran precisión, no solo la cantidad de agua requerida por el cultivo sino también la de nitrógeno más allá del estadio fenológico V6-V7 (Ritchie y Hanway, 1984). Este representa el momento en el cual, por el desarrollo vegetativo del maíz, no es posible seguir ingresando con maquinarias a los lotes sin perjudicar al cultivo con los daños mecánicos. Por lo cual la dosis total de N a aplicar al cultivo se realiza hasta ese período con el consecuente riesgo de pérdidas por lixiviación, provocada por el riego y lluvias así como por volatilización, dependiendo de la fuente nitrogenada y modalidad de aplicación.

Eficiencia de uso del agua de riego y del nitrógeno

En la tabla 4 se puso de manifiesto que el RGS quintuplicó y triplicó la EUA respecto a las situaciones Medio y Ensayo respectivamente. La EA_N en la situación Máximo, si bien fue 25% superior que la estimada para la situación promedio del VBRC estuvo 25% debajo de la registrada en los ensayos comparativos de rendimiento dentro de la EEA H. Ascasubi.

Tabla 4. Eficiencia del uso del agua y agronómica del N y su proporción respecto a la situación Medio ().

	Medio	Ensayo	Máximo
EUA (kg m^{-3})	2,82 (1,00)	4,28 (1,52)	14,05 (4,98)
EA_N ($\text{kg}_{\text{grano}} \text{kgN}^{-1}$)	53,4 (1,00)	80,4 (1,50)	66,2 (1,24)

Conclusiones

La performance productiva del maíz bajo RGS fue sustancialmente más alta que las observadas en el VBRC aplicando riego gravitacional. Ello puso de manifiesto el potencial productivo que dicha tecnología puede aportar al cultivo.

Los valores registrados para el rendimiento se alcanzaron principalmente por el aumento en la eficiencia de uso del agua y los elevados niveles de N aplicados de manera fraccionada mediante el fertirriego.

La elevada eficiencia en el uso del agua postuló al RGS como una alternativa factible para aumentar la oportunidad de riego de los diferentes cultivos dentro de las explotaciones agropecuarias del VBRC, anticipando una mayor rentabilidad del agua derivada anualmente del Río Colorado y sin necesidad de nivelación laser de los lotes.

El presente trabajo se realizó en el marco del convenio de asistencia técnica y colaboración que lleva adelante el INTA con Netafim Argentina y Agro Luro S.R.L.

Referencias

Ayars, J. E., Phene, C. J., Hutmacher, R. B., Davis, K. R., Schoneman, R. A., Vail, S. S., & Mead, R. M. 1999. Subsurface drip irrigation of row crops: a review of 15 years of research at the Water Management Research Laboratory. *Agricultural Water Management*, 42(1), 1-27.



Bender, R R., J W Haegele, M L Ruffo, and F E Below. 2013. Modern Corn Hybrids' Nutrient Uptake Patterns. *Better Crops/Vol. 97* (2013, No. 1).

Camp, C. R. 1998. Subsurface drip irrigation: a review. *Transactions of the ASAE*, 41(5), 1353.

Cepeda J. 2015-16. Boletines Agrometeorológicos. Disponibles web: <http://inta.gob.ar/documentos/informes-meteorologicos>

Cirilo, A.; F. Andrade; M. Otegui; G. Maddoni; C. Vega y O. Valentinuz. 2012. Ecofisiología del cultivo de maíz. En: Eyherabide, G. (Ed.) Bases para el manejo del cultivo de maíz. INTA, Argentina. pp. 25-56.

CORFO, 2016. Corporación de fomento del Río Colorado. Disponible web: <http://corfo.gob.ar/corfo/sobre-corfo/>

García, F O. 2005. Criterios para el manejo de la fertilización del cultivo de maíz. Jornada "Maíz 2005". Córdoba, Julio de 2005.

Lamm, F. R., & Trooien, T. P. 2003. Subsurface drip irrigation for corn production: a review of 10 years of research in Kansas. *Irrigation Science*, 22(3-4), 195-200.

Lamm, F. R., Trooien, T. P., Manges, H. L., & Sunderman, H. D. 2001. Nitrogen Fertilization FOR Subsurface Drip-Irrigated Corn. *Transactions of the ASAE*, 44(3), 533.

Lucanera G.; A. Castellano y A. Barbero. 2005-15. Banco de datos socioeconómicos de la zona de CORFO - Río Colorado. Estimación del producto bruto agropecuario regional. Disponible web: <http://corfo.gob.ar/desarrollo/informes-estadisticos/>

Ritchie S.W. & J.J. Hanway. 1984. How a corn plant develops: Special report No. 48, Iowa State University.

Rivas, J. 2013-15. Redes de evaluación de germoplasma inédito (INTA) y cultivares comerciales de Cereales.

Sanchez, R. 2013. Estimación de los requerimientos hídricos de los principales cultivos en el valle bonaerense del río Colorado. Informe Técnico 40. ISSN: 0328-3399. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Ediciones INTA. Disponible web: <http://inta.gob.ar/documentos/estimacion-de-los-requerimientos-hidricos-de-loscultivos-en-el-valle-bonaerense-del-rio-colorado>.

Tarkalson, D. D., Van Donk, S. J., & Petersen, J. L. 2009. Effect of nitrogen application timing on corn production using subsurface drip irrigation. *Soil science*, 174(3), 174-179.

Varela, P; Bongiovanni, M; Arbizu, S; Sánchez, R. 2014. Evaluación de la eficiencia del riego gravitacional en el cultivo de cebolla. XXIV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Bahía Blanca. 5 al 9 de mayo de 2014.