

ESTUDIO DE COMPORTAMIENTO DEL RIEGO POR SURCO EN MAÍZ EN EL VALLE INFERIOR DE RÍO NEGRO BAJO DOS ALTERNATIVAS DE MANEJO. CONAGUA 2017. CÓRDOBA, ARGENTINA, 2017

Evelyn M. Neffen ⁽¹⁾, *Roberto S. Martínez* ⁽¹⁾⁽²⁾, *Reinoso Lucio* ⁽¹⁾⁽²⁾, *Hernán R. Zelmer* ⁽¹⁾

(1) EEA INTA Valle Inferior del Río Negro, 8500 Viedma, Argentina

(2) Universidad Nacional de Río Negro. Sede Atlántica. 8500 Viedma, Argentina

E-mail: neffen.evelyn@inta.gob.ar

RESUMEN

La sistematización del valle determina que más del 90% del riego sea de forma gravitacional, existiendo 22000 ha bajo riego. Diversos autores estiman bajas eficiencias de riego para el valle inferior de Río Negro. El objetivo del trabajo es estudiar y comparar la dinámica del agua para dos alternativas de manejo de riego por surco, cuantificando eficiencias de aplicación (Efa), uniformidad de distribución (Efd) y rendimiento del cultivo, además de estimar la potencial mejora de los indicadores de desempeño. El ensayo se realizó (40° 47' S; 63° 03' O) sobre un cultivo de maíz (*Zea mays L.*), los tratamientos fueron riego por surco tradicional (T1) y riego por surco alterno (T2). Se utilizó el software WinSRFR para estimar eficiencias de aplicación potenciales. Los resultados preliminares muestran una lámina aplicada, del orden de los 1140 mm mediante 11 riegos. Los rendimientos no mostraron diferencias significativas entre tratamientos. Se observó que los tiempos de avance eran mayores en T1 que en T2, sin embargo solo se encontraron diferencias significativas en 2 de los 11 riegos. La Efa promedio fue del 70% en ambos tratamientos, y, de acuerdo al modelo WinSRFR, la eficiencia de aplicación podría mejorarse un 15% con cambios en el manejo.

Palabras clave: riego por surcos, eficiencia de aplicación, uniformidad de riego, Norpatagonia.

ABSTRACT

The systematization of the valley determines that more than 90% of the irrigation are of gravitational form, existing 22000 ha under irrigation. Several authors estimate low irrigation efficiencies for the Valle inferior de Río Negro. The aim of this study is to evaluate and compare water dynamics for two furrow irrigation alternatives, quantify application efficiency (Efa), distribution efficiency (Efd) and crop yield, as well as estimating the potential performance indicators of gravitational irrigation. The experiment was performed (40 ° 47'S; 63 ° 03'O) on a Maize (*Zea mays L.*) crop, the treatments were irrigation traditional furrow (T1) and irrigation alternate furrow (T2). The WinSRFR software was used to estimate potential application efficiencies. The preliminary results show an applied water lamina, the order of 1140 mm for 11 irrigations. Yields did not show significant differences between treatments. It was observed that the advancement times were higher in T1 than in T2, however, only significant differences found in 2 of the 11 irrigations. The mean Efa was 70% in both treatments, and according to the WinSRFR model, the application efficiency could be improved in a 15% with changes in management.

Key words: irrigation by furrows, application efficiency, irrigation uniformity, Norpatagonia.

INTRODUCCIÓN

El riego gravitacional representa más del 85% de la superficie regada en el mundo y el 70% en la Argentina. La sistematización del valle inferior de Río Negro, con 22000 ha bajo riego, determina que más del 90% del riego sea de forma gravitacional.

Diversos autores estiman bajas eficiencias de riego en promedio para el país (35-40%), (Bos y Chambouleyron, 1998) (Vallone *et al.*, 2007), encontrándose en el valle inferior de Río Negro valores similares (Lui *et al.*, 2012). Estos datos concuerdan con la información del Estudio Integral del Río Negro (CIL, 1988).

Las razones para la utilización del método de riego gravitacional son diversas: flexibilidad y adaptación a situaciones locales, bajo costo y alta disponibilidad de agua, conocimientos empíricos arraigados a condiciones topográficas y culturales. Otro motivo es la falta de recursos económicos para instalar riegos presurizados, que además de una fuerte inversión, requieren una fuente energética adicional y generalmente tienen mayores costos operativos. Por otra parte, en zonas con elevada salinidad, los sistemas de riego gravitacionales son los preferidos para lixiviar las sales del perfil. (Martinez *et al.*, 2016).

La superficie regable del valle de Viedma muestra un aumento de su superficie desde 2005, con predominancia de cultivos de especies forrajeras, luego frutales, cereales y hortalizas en cuanto a superficie declarada (IDEVI, 2011). En cuanto a la producción de maíz, la superficie sembrada está en aumento, su alto rendimiento y uso en la producción animal lo destacan como uno de los cultivos de mayor importancia.

Por todo lo mencionado es prioritario contribuir al mejor aprovechamiento del agua de riego, planteando alternativas de manejo que aumenten la eficiencia de aplicación bajo este método de riego.

En las últimas décadas se han logrado mejoramientos en el diseño, operación y evaluación del riego gravitacional, utilizando softwares de modelación hidráulica, como WinSRFR del USDA (Bautista *et al.*, 2009). El cual nos permite estimar la potencial mejora de los indicadores de desempeño frente a diferentes escenarios de optimización de riego.

Los resultados de las simulaciones obtenidas con el WinSRFR, dependen de las propiedades hidráulicas del suelo y de los cultivos, el diseño físico del sistema (largo, pendientes, etc.), y del manejo del riego: caudales, duración, etc. Las salidas del modelo incluyen las trayectorias de avance y recesión, hidrogramas de entrada y salida, perfil de infiltración e indicadores de desempeño.

Las evaluaciones del desempeño de riego juegan un papel fundamental para la optimización del mismo, brindando valiosa información para la mejora del diseño y prácticas de manejo, como así también brindan información básica a las instituciones responsables del manejo y administración del recurso hídrico, para la gestión integrada del recurso.

OBJETIVOS

Estudiar y comparar la dinámica del agua para dos alternativas de manejo de riego por surco, cuantificando eficiencias de aplicación (Efa), uniformidad de distribución y rendimiento del cultivo. Este estudio además pretende evaluar la potencial mejora de los indicadores de desempeño frente a diferentes escenarios de optimización de riego.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se realizó en el valle inferior del Río Negro ($40^{\circ} 47' S$; $63^{\circ} 03' O$), sobre un suelo con adecuado nivel de fertilidad, estructura y distribución de poros, sin limitaciones para la producción, siendo su clasificación taxonómica: Gypsiustert arídico. (Reinoso, 2014).

Se utilizó un híbrido de maíz (*Zea mays L.*) KWS 3800 de ciclo intermedio, distanciados en surcos de 0,7 m, se aplicaron 70 kg ha^{-1} de fósforo a la siembra y 350 ha^{-1} de Urea, dividiendo la dosis en los estadios V4 y V8. La siembra se realizó mecánicamente el 16 de noviembre de 2016, asegurando una densidad de $85.000 \text{ plantas ha}^{-1}$ (Figura 1).

Para el riego se utilizaron mangas de polietileno con compuertas de plástico regulables de 50 mm de diámetro (Figura 2). Los tratamientos fueron riego por surco tradicional (T1) y riego por surco alterno (T2), en T1 se asignó una compuerta por surco, en decir igual número de compuertas y surcos regados. Mientras que en T2, se asignan dos compuertas al surco que se riega, por lo tanto, tendríamos igual número de compuertas para ambos tratamientos, manteniéndose el mismo caudal por unidad de superficie productiva. Los riegos finalizaban cuando la humedad llegaba a la zona más alta del surco y al final del mismo. Siendo iguales los tiempos de corte para los tratamientos analizados.



Figura 1.- Ensayo de riego por surco en maíz ($85.000 \text{ plantas ha}^{-1}$) en el Valle Inferior de Rio Negro.



Figura 2.- Ensayo de riego por surco en maíz utilizando mangas de polietileno con compuertas de plástico regulables.

El diseño experimental fue en bloques completamente aleatorizados con tres repeticiones, los tratamientos de manejo fueron riego por surco tradicional (T1) y riego por surco alterno (T2). La programación de riego se realizó mediante el software Cropwat, utilizando los datos de la estación meteorológica de Valle Inferior para el cálculo de la evapotranspiración de referencia (Eto), afectándolo por kc del cultivo según FAO. Mientras que para la estimación eficiencias de aplicación potenciales se utilizó el software WinSRFR.

Previo a los riegos se realizó una medición de la pendiente longitudinal del riego, se determinaron las dimensiones de la unidad de riego y se determinó el perfil transversal de surcos de riego.

En cada riego se llevaron a cabo las siguientes determinaciones:

Aforo: de caudal erogado por la boquilla de riego.

Medición del tiempo de avance y receso del frente de agua: A tal efecto se dividió la longitud total de la parcela evaluada en diez partes de igual longitud y en cada una de ellas se colocó una estaca de madera, indicadora de cada estación de medición del avance y receso.

Número de surcos regados simultáneamente.

Tiempo de aplicación: se registró el tiempo total de ingreso de agua a la parcela regada.

Humedad de suelo antes y después del riego: mediante barreno y pesafiltros, se obtuvieron muestras de suelo para la cuantificación de la humedad antes y después del riego en tres sitios: cabecera, medio y tres profundidades (0-30, 30-60, 60-90).

Los resultados de Eficiencia de aplicación (Efa), tiempos de avance y rendimiento obtenidos en el presente trabajo fueron sometidos a análisis de la varianza (ANOVA) según un diseño bloques completamente aleatorizados. Para determinar diferencias entre medias se utilizó Tukey con nivel de riesgo ($\alpha \leq 0,05$). Se realizaron análisis de regresión simple utilizando el programa Infostat (Infostat, 2016)

RESULTADOS

Los resultados muestran una lámina aplicada en todo el ciclo de cultivo similar en ambos tratamientos, del orden de los 1140 mm mediante la aplicación de 11 riegos (Tabla 2). Los rendimientos no mostraron diferencias significativas entre tratamientos. Se observó que los tiempos de avance eran mayores en T1 que en T2, sin embargo, solo se encontraron diferencias significativas en 2 de los 11 riegos (Tabla 1). Durante el ciclo de cultivo los eventos de riego para ambos tratamientos tendieron a disminuir el tiempo que demoraban en avanzar por el surco (Tabla 1).

Tabla 1.- Tiempos de avance para el tratamiento tradicional y surco alterno.

Fecha	Tpo avance Tradicional (min)	Tpo avance Alterno (min)	Diferencia significativa	p-valor
24/11/16	50,14	42,75	-	0,4291
14/12/16	31,40	38,26	-	0,4700
27/12/16	61,22	53,57	-	0,5358
05/01/17	37,47	42,75	-	0,5052
13/01/17	16,36	37,21	-	0,2983
20/01/17	37,47	42,75	-	0,5051
27/01/17	13,99	18,21	+	0,0270
08/02/17	20,32	28,24	+	0,0013
16/02/17	16,36	20,58	-	0,0777
24/02/17	20,58	25,33	-	0,0756
09/03/17	36,15	42,75	-	0,5683

Tabla 2.- Láminas y eficiencias de aplicación.

Fecha	Dreq [mm]	Riego [mm]	EAP (%)	Área sub (%)	CU (%)	ADlq
24/11/16	80	200	40	0	91	2,17
14/12/16	88	119	74	0	89	1,21
27/12/16	85	180	47	0	83	1,76
05/01/17	77	123	63	0	96	1,54
13/01/17	68	77	88	0	93	1,06
20/01/17	60	69	87	2	90	1,04
27/01/17	55	57	96	22	93	0,96
08/02/17	60	79	76	0	94	1,23
16/02/17	56	65	86	0	92	1,07
24/02/17	56	67	84	0	91	1,09
09/03/17	65	103	63	0	94	1,47
Total	750	1140	73	8	91	1,32

La eficiencia de aplicación (Efa) promedio fue del 70% en ambos tratamientos, y, de acuerdo al modelo WinSRFR, la eficiencia de aplicación podría mejorarse, con cambios en el manejo, en valores del orden del 15% (Figura 3). Para el evento de riego numero 3 podemos ver como se estima la distribución de agua en el perfil a partir de la lámina objetivo, correspondiéndose con la eficiencia de aplicación actual 47% (Figura 4) y la potencial 75% (Figura 5). Con respecto al coeficiente de uniformidad (CU) se registraron valores promedio de 91% dentro de un rango de (83-96%). Mientras que el porcentaje de área subirrigada tiene valores cercanos a 0, se observan excepciones para eventos de riego (27/01/17) en donde la lámina aplicada fue menor a la requerida. Para la variable que relaciona la lámina objetivo con respecto a la lámina aplicada en el peor cuartil de distribución del agua ($ADlq=Dlq/Dreq$), se registran como valores adecuados a los cercanos a 1, en donde el cuartil con la peor asignación de agua es igual a la lámina objetivo. Encontrándose valores <1 cuando no se logra la lámina objetivo en la totalidad de la parcela (27/01/17) y valores >1 para casos de sobreirrigación, que representaron a la mayoría de los eventos de riego. (Tabla 2)

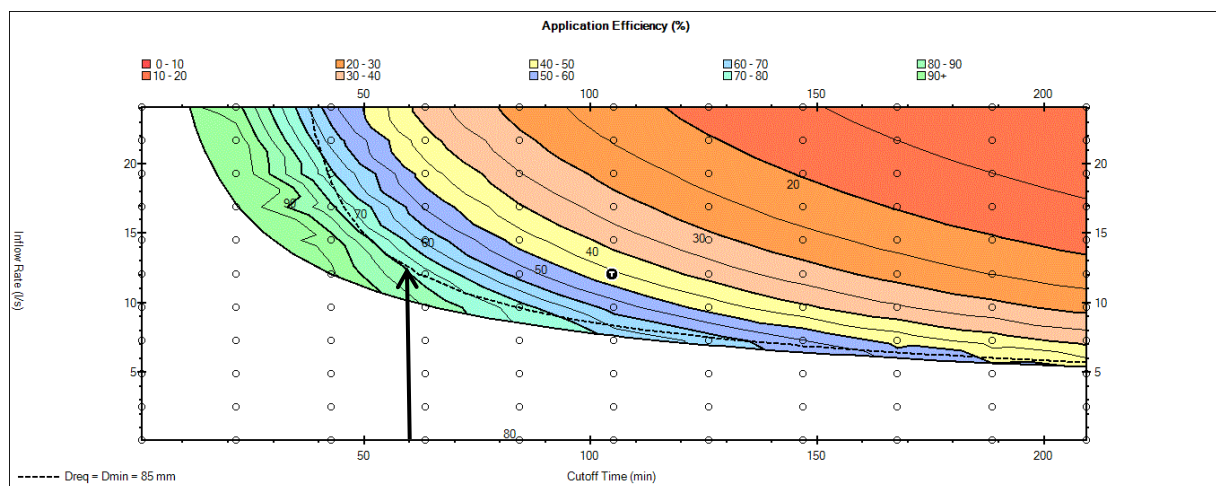


Figura 3.- Posibles escenarios de mejora para el riego 3, encontrando eficiencias de aplicación estimadas a partir de variaciones en el tiempo de corte de riego y el caudal. En este caso, con una reducción del tiempo de riego a 60 minutos y manteniendo el mismo caudal, el modelo estima que la EAP pasaría de 47 a 80% (como indica la flecha)

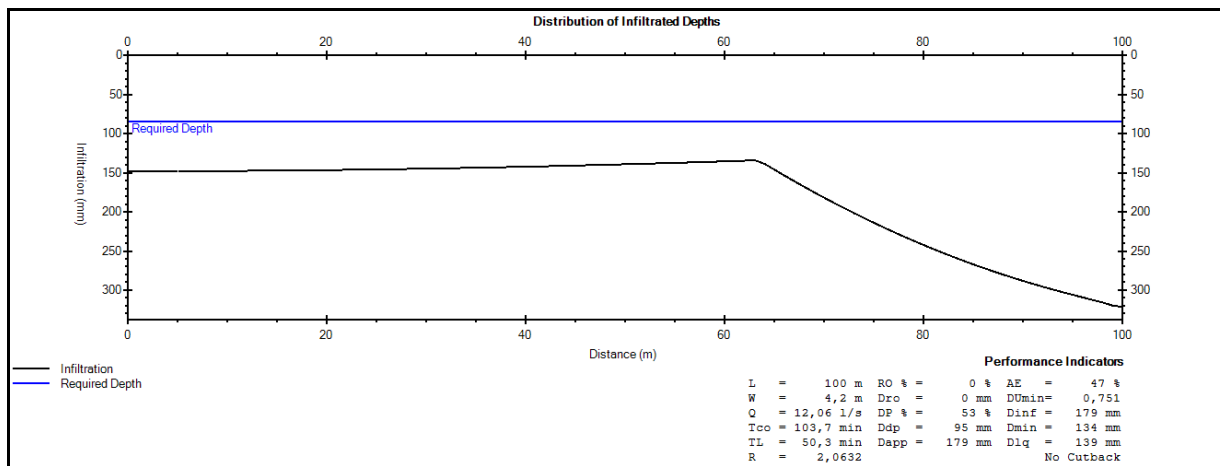


Figura 4.- Distribución de la infiltración para el riego 3 a partir de la situación inicial de 100 minutos de corte de riego y un caudal de 12,06 l/s.

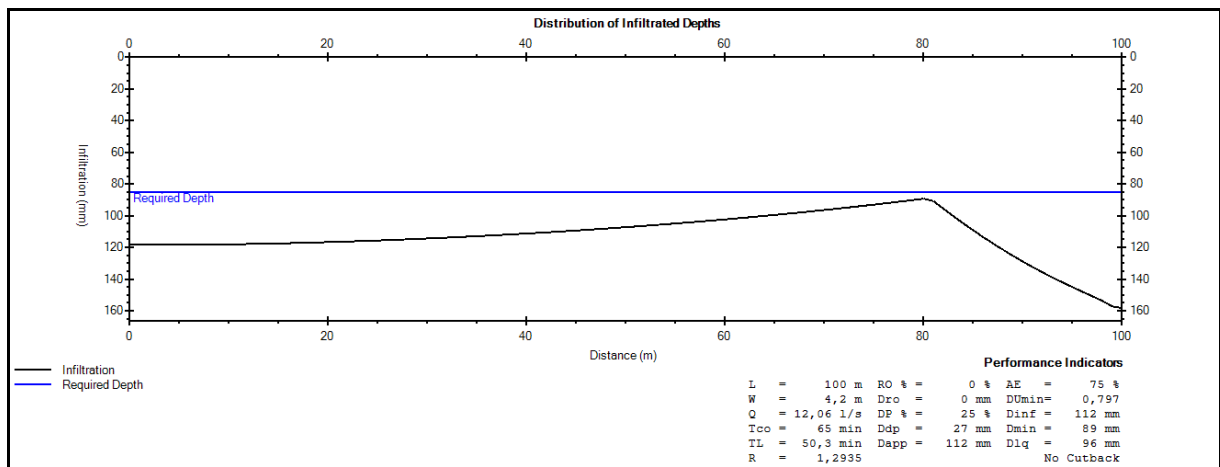


Figura 5.- Distribución de la infiltración para el riego 3 a partir de la situación de mejora de 65 minutos de corte de riego y manteniendo el mismo caudal de 12,06 l/s.

CONCLUSIONES

Como conclusiones preliminares, se destaca la cuantificación del agua aplicada durante todo el ciclo en un cultivo de maíz bajo distintas alternativas de manejo en riego por surcos. Se obtuvieron altos rendimientos ($>15000 \text{ kg ha}^{-1}$), la eficiencia de aplicación considerando todo el ciclo fue del orden del 73%. A partir de las eficiencias medidas y el ajuste a un modelo de simulación del riego se estima puede mejorarse en un 15% la eficiencia de aplicación, considerando cambios en variables de manejo como tiempo de aplicación y caudal de ingreso.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bautista, E., Clemmens, A. J.; Strelkoff, T. S.; Schlegel, J. (2009) Modern analysis of surface irrigation systems with WinSRFR. *Agricultural Water Management* 96:1146–1154.

Bos, M. & J. Chambouleyron. 1998. Parámetros de desempeño de la agricultura de riego en Mendoza, Argentina. Instituto Internacional del manejo del agua, Serie Latinoamerica: N° 5.111 pp.

CIL – AYEE (1988) Estudio para el aprovechamiento integral del Río Negro. Informe técnico.

IDEVI (2011) Informe y análisis sobre declaraciones de cultivo 1998/2011. Departamento de desarrollo económico-IDEVI.10 p.

Lui, E., R. Roa, R. S. Martínez, H. Zelmer, L. Reinoso, M. D’Onofrio. (2012). Evaluaciones de riego parcelarias en el valle inferior del Río Negro, estrategias para la mejora de indicadores. VI Jornadas de Actualización en Riego y Fertirriego. Mendoza. Argentina.

Martínez R. S., D. Prieto, A. Antúnez, M. Pla, H. Zelmer. 2016. Evaluación del Riego Superficial como herramienta para el mejoramiento del diseño y operación de los sistemas **Infostat** 2016. Grupo Infostat/FCA. Versión 2016. Universidad Nacional de Córdoba. Ed. Brujas, Córdoba, Argentina.

Reinoso L., 2014. Rendimiento de maíz en el Valle Inferior del Río Negro: Evaluación de la frecuencia de riego y la fertilización nitrogenada. Tesis de maestría. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional del Sur. Buenos Aires.

Vallone, R., D. Prieto & J. Morabito. 2007. Desarrollo de tecnologías para el saneamiento y recuperación de tierras y optimización de sistemas de riego en áreas de regadío. Jornadas de Investigación en Recursos Hídricos, Mendoza.