

ARTÍCULO

EVALUACIONES DE DESEMPEÑO DE RIEGO EN EL SISTEMA ALTO VALLE

Polla Gabriela^{1*}; Mañueco María Lucía² y Montenegro Ayelén²

1- *Facultad de Ciencias Agrarias, Dpto. Recursos Naturales, Cátedra de Hidráulica e Hidrología Agrícola. Universidad Nacional del Comahue, Río Negro, Argentina.*

2- *Estación Experimental Agropecuaria INTA Alto Valle, Río Negro, Argentina*

*E-mail: gabipolla@yahoo.com.ar

RESUMEN

El trabajo se desarrolla en el Alto Valle del Río Negro, extensa zona de agricultura bajo riego ubicado en el extremo oeste de la provincia de Río Negro con una superficie cercana a los 50.000 km². En zonas o regiones con déficit hídrico, el riego es un componente que produce resultados muy favorables, pero su mal manejo puede llevar al deterioro del suelo y agua, en particular, y del ambiente en general. La forma de establecer el grado de racionalidad en el uso del agua para riego es a partir de la determinación de su eficiencia. El objetivo de este trabajo es evaluar el desempeño del riego, incluyendo la eficiencia de distribución a escala de distrito y la eficiencia de aplicación, distribución y almacenaje a nivel de parcela. Para lograr los objetivos se realizaron evaluaciones a campo. Para la eficiencia de distribución a nivel de distrito, se realizaron aforos con molinete hidrométrico y para el resto de las eficiencias (aplicación, almacenaje y distribución a nivel de parcela sin desagüe al pie), mediciones sobre las melgas seleccionadas tales como determinación del tiempo de avance, receso, tiempo de aplicación, caudal de ingreso a la melga, entre otros. Como conclusiones principales se puede señalar que el sistema de riego del Alto Valle, con más de cien años de antigüedad, presenta un notable deterioro en su infraestructura. Además, la deficiente nivelación, las deficiencias de dominio, la preparación inadecuada de la melga y la falta de limpieza aumentan los tiempos de aplicación y reducen la eficiencia en la parcela, siendo aspectos que el productor puede controlar. Por último, estos factores contribuyen a un uso excesivo de agua para el riego, un problema que debería mejorarse, especialmente considerando las proyecciones futuras que prevén una mayor escasez de recursos, debido al cambio climático.

Palabras clave: riego superficial, manejo de riego, red de riego

1. INTRODUCCIÓN

Los sistemas de riego se implementan con el fin de cubrir las deficiencias hídricas de zonas áridas o semiáridas, permitiendo de esta manera incorporar nuevas zonas productivas.

No obstante, es fundamental el manejo que haga el agricultor, ya que su mal uso puede generar un efecto contrario al buscado, deteriorando el sistema productivo.

Las evaluaciones de desempeño de riego constituyen una forma de establecer el grado de racionalidad en el uso del agua. Con el avance científico se han establecido criterios de evaluación de esta práctica, como una forma de calificarla o de evaluar su desempeño (Morábito, *et. al.*, 2003).

La eficiencia de riego no sólo incluye la eficacia en cuanto al cumplimiento de los fines agrícolas,

sino que también involucra la cuantía del recurso de agua utilizada (Grassi, 1998).

Según Bos y Nugteren (1982) el movimiento del agua a través de los sistemas de riego, desde la fuente de agua hasta el cultivo, puede ser visto como tres operaciones separadas: conducción, distribución y aplicación en la parcela.

El sistema de riego del Alto Valle tiene una antigüedad de más de 100 años de funcionamiento con un importante deterioro en sus obras de infraestructura (compartos, alcantarillas, sifones, acueductos, etc.), que propicia fugas de agua en sus compuertas, problemas de cierre inadecuado, caudales de entrega inexactos, entre otros.

Si bien con riego por superficie, convenientemente diseñado, mantenido y operado, se pueden obtener buenas eficiencias de riego, la eficiencia de riego en el Alto Valle puede

alcanzar valores tan bajos de desempeño como del 20-30 %. Es decir que el 70-80 % restante se pierde, atravesando la zona de raíces del cultivo, acercando la capa freática a la superficie del terreno, creando problemas de drenaje y salinizando los suelos (Requena y Nolting, 2006).

El objetivo de este trabajo es evaluar el desempeño del riego, incluyendo la eficiencia de distribución a escala de distrito y la eficiencia de aplicación, distribución y almacenaje a nivel de parcela.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en el Consorcio de riego de Cipolletti, en las parcelas de la Facultad de Ciencias. Agrarias - UNCo y en el Consorcio de riego de General Roca, particularmente en la Estación Experimental Alto Valle de INTA.

2.1. Eficiencia de distribución a nivel de distrito

La eficiencia de distribución se determinó en los canales terciarios y algunos cuaternarios del distrito de riego de Cipolletti. Para determinarla se utilizó el método de diferencia de caudales o de entradas y salidas. Este método consiste en calcular la diferencia entre el caudal al inicio y al final del tramo del canal elegido, dividida por la longitud del tramo. El cálculo del caudal se determinó aplicando el método del molinete hidrométrico. La velocidad media en la vertical calculada por este método, está comprendida entre un error máximo de 3% y un error medio de 1 % (King y Brater, 1995).

2.2. Eficiencia de aplicación, almacenaje y distribución a nivel de parcela sin desagüe al pie

La eficiencia de aplicación (*EAP*) según Grassi (1998) se define como el cociente entre el volumen de agua almacenado en el perfil de suelo y el volumen de agua aplicado en la parcela, representado por la lámina de reposición y lámina bruta respectivamente (Ecuación 1).

$$EAP = \frac{\text{volumen de agua infiltrada y almacenada}}{\text{volumen de agua aplicada}} * 100 \quad (1)$$

Para determinar la lámina de reposición es importante conocer la profundidad de

exploración radicular o espesor de la rizosfera, las características del suelo, la altura del nivel freático y el tipo de cultivo (Ecuación 2):

$$d_r = \frac{(CC - HA)}{100} * Prof.raíces * \rho_a \quad (2)$$

Donde:

d_r : lámina de reposición (m); CC : capacidad de campo (%); HA : humedad actual (%); ρ_a : densidad aparente (adimensional); $Prof.raíces$: profundidad de raíces (m).

El agua aplicada o lámina bruta se determina a partir del caudal ingresado a la parcela, el tiempo de riego y el área regada (Ecuación 3):

$$d_b = \frac{Q * t_{apl}}{A} \quad (3)$$

Donde:

d_b : lámina bruta (m), Q : caudal aplicado ($m^3 * s^{-1}$), t_{apl} : es el tiempo de aplicación (s), A : área regada (m^2).

La eficiencia de riego interna en la parcela (*EDI*) o Uniformidad de Distribución (*UD*) (Merriam y Keller, 1978) representa cuan uniforme es la aplicación de la lámina bruta en toda la superficie irrigada (Ecuación 4):

$$UD = \frac{\text{lámina infiltrada promedio del cuarto más perjudicado}}{\text{lámina infiltrada promedio en todo el perfil}} = \frac{\bar{d}_{1/4}}{\bar{d}} * 100 \quad (4)$$

Donde:

\bar{d} : lámina infiltrada promedio en todo el perfil (o promedio de los pluviómetros en aspersión) (m).
 $\bar{d}_{1/4}$: lámina infiltrada promedio del cuarto más perjudicado (m).

La eficiencia de almacenaje en la parcela (*EAL*), según Grassi (1998), se define como “la relación del volumen de agua disponible para regar la parcela respecto del volumen de agua derivado ya sea superficial o subsuperficial” (Ecuación 5). La ecuación 5 expresa el grado de suficiencia del riego, evaluado en la capa de suelo que exploran las raíces (Grassi, 1998).

$$EAL = \frac{\text{Volumen de agua infiltrada y almacenada}}{\text{volumen de agua requerida (o almacenable)}} * 100$$

(5)

Uno de los ensayos que se deben realizar como parte de la evaluación de desempeño, es el de infiltración en la parcela. Para estas determinaciones, la infiltración se realizó por el método del doble anillo, el cual permitió determinar los parámetros de la ecuación de Kostiakov (1932), función que relaciona la velocidad de infiltración y el tiempo. Estos ensayos fueron realizados en la cabecera y en el pie de la melga.

Además, se extrajeron muestras de suelo a 20, 40 y 60 cm de profundidad con el objetivo de determinar la humedad actual por método gravimétrico.

Para determinar la curva de avance y receso se colocaron estacas cada 10 m a lo largo de la melga, con el objetivo de determinar el tiempo de avance (momento el que el agua llega a cada estaca) y el tiempo de receso (momento donde el

agua desaparece de cada estaca). A partir de los mismos se obtuvo el tiempo de contacto o de oportunidad, el cual permitirá determinar la lámina infiltrada en cada punto.

Se determinó el tiempo de aplicación como el transcurrido entre el ingreso de agua hasta su llegada al final de la melga. El caudal de ingreso se midió con un aforador ubicado sobre la acequia que riega la parcela.

Además, se midió la profundidad del nivel freático en los freáticos ubicados en la cercanía de las parcelas evaluadas.

3. RESULTADOS

3.1. Eficiencia de distribución

Los canales aforados para la determinación fueron: terciario 1, terciario 2, terciario 3, terciario 4, terciario 5, terciario 6, cuaternario LKD6, cuaternario 2A y cuaternario A6 (Tabla 1).

En este distrito los valores encontrados oscilan entre 0.0012 y 0.08 l*s⁻¹*m⁻¹, con un valor promedio de 0.033 l*s⁻¹*m⁻¹ o 33 l*s⁻¹*km⁻¹,

Tabla 1. Eficiencias de distribución en el distrito de Cipolletti.

CANAL	CAUDALES AFORADOS (m ³ *s ⁻¹)	DISTANCIA ENTRE PUNTOS (m)	PERDIDA (l*s ⁻¹ *m ⁻¹)
Terciario 1	Caudal aguas arriba:0.6228 Caudal aguas abajo:0.622	L = 634	0.0012
Terciario 2	Caudal aguas arriba:0.242 Caudal aguas abajo:0.241	L = 70	0.014
Terciario 3	Caudal aguas arriba:0.04235 Caudal aguas abajo:0.042	L = 50	0.007
Terciario 4	Caudal aguas arriba:0.43 Caudal aguas abajo:0.423	L= 200	0.035
Terciario 5	Caudal aguas arriba:0.396 Caudal aguas abajo:0.328	L= 946	0.07
Terciario 6	Caudal aguas arriba:0.06 Caudal aguas abajo:0.052	L= 100	0.08
Cuaternario 2A	Caudal aguas arriba:0.048 Caudal aguas abajo:0.042	L= 235	0.025
Cuaternario LKD6	Caudal aguas arriba:0.2482 Caudal aguas abajo:0.2324	L= 330	0.047
Cuaternario A6	Caudal aguas arriba:0.0336 Caudal aguas abajo: 0.0315	L =130	0.016
Eficiencia de distribución en canales promedio (l*s⁻¹*m⁻¹)			0.033
Eficiencia de distribución en canales promedio (l*s⁻¹*km⁻¹)			33

Tabla 2. Eficiencias de aplicación, distribución y almacenaje.

EVALUACION EFICIENCIAS				
	Tipo de suelo.	EAP	EAL	UD
Ensayo 1	Franco-arcilloso	30%	100 %	86 %
Ensayo 2	Arenoso-Franco	15%	100%	95 %
Ensayo 3	Arcilloso	31%	100%	Sin determinar

similares a los encontrados en otros trabajos realizados en la región (Liu *et. al.*, 2011).

3.2. Eficiencia de aplicación, almacenaje y distribución a nivel de parcelas – melgas niveladas sin desagüe al pie

Los valores obtenidos de eficiencias de aplicación son muy bajos, oscilan entre 15 y 31 %, esto se produce por la excesiva lámina de riego aplicada. La eficiencia de almacenaje alcanza el 100 %, pero este valor es a costa de una lámina percolada alta que varía entre el 69 y 85 %. La eficiencia de distribución es buena a muy buena, lo que indica una buena infiltración a lo largo de la melga (Tabla 2).

4. CONCLUSIONES

- El sistema integral de riego del Alto Valle posee una antigüedad centenaria, con un importante deterioro en sus obras de infraestructura (compartos, alcantarillas, sifones, acueductos, etc.), donde se producen fugas de agua en sus compuertas, problemas de cierre y caudales de entrega inexactos.

- Los valores encontrados de pérdidas en la distribución promedio a nivel de red de riego fueron de $33 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{km}^{-1}$. Extrapolando este valor a todo el Alto Valle, con una longitud de canales terciarios, secundarios y cuaternarios 560 km, se podría estimar una pérdida de distribución del 26 % (18480 l/s) respecto del caudal de ingreso al canal principal (70000 l/s).

Las eficiencias de aplicación, almacenaje y distribución en parcela (promedio) son 25, 100 y 90 % respectivamente.

- La deficiente nivelación, los bajos caudales disponibles, la preparación y dimensión de la melga, la falta de limpieza produce tiempos de aplicación elevados que generan una

disminución de la eficiencia de aplicación sobre la parcela, variables que pueden ser controlables por el productor.

- Todos estos factores intervienen en la excesiva dotación que se utiliza para regar, valor que debería ser mejorado dadas las proyecciones futuras a 50 y 100 años, que comprometen aún más la disponibilidad del recurso hídrico producto del cambio climático.

5. REFERENCIAS

- Bos, M. y Nugteren, J., 1982. On irrigation efficiencies. Publication 10. ILRI. The Netherlands.
- Grassi, C. J., 1998- Primera impresión 1988. Fundamentos del riego. Centro Interamericano de Desarrollo e Investigación Ambiental y Territorial (CIDIAT): Mérida. Venezuela. 392 pp.
- King, H.W. y Brater, E.F., 1995. Manual de hidráulica, México, UTEHA; Limusa. 536 p.
- Kostiakov, A.N., 1932. On the dynamics of the coefficient of water percolation and the necessity for studying it from a dynamic point of view for purposes of amelioration. Trans. 6 th Comm. Inter. Soil Sci. Russian Part. pp. 17-21.
- Lui, E. N.; Roa, R. C.; Martínez, R. S.; Zelmer, H.; Reinoso, L. y Donofrio, M., 2011. Evaluaciones de riego parcelarias en el Valle Inferior del Río Negro, estrategias para la mejora de indicadores. XXIII Congreso Nacional del Agua. CPCNA Resistencia, Chaco. 8 pp.
- Merriam, J. and Keller, J., 1978. Farm Irrigation system evaluation: A guide for management. Department of Agriculture and Irrigation Engineering. Utah State University, Logan, Utah, USA. 271 pp.
- Morábito, J.; Salatino, S. y Schilardi, C., 2003. El desempeño del uso agrícola del agua en los oasis de los ríos Mendoza y Tunuyán a través de nuevos indicadores. VI Jornadas de riego y fertirriego. Facultad de Ciencias Agrarias. Univ. Nacional de Cuyo. Mendoza. Argentina. [w.w.w. riegoyfertirriego.com/VI_Jornadas/index.htm](http://www.riegoyfertirriego.com/VI_Jornadas/index.htm)
- Requena, A. y Nolting J., 2006. Manejo del Riego por Superficie a nivel de predio. Boletín de Divulgación Técnica Nro 51. Centro Regional Patagonia Norte-Estación Experimental Agropecuaria Alto Valle. 39 pp.