

EVALUACIÓN INTEGRAL DEL RIEGO POR PULSOS EN LOS OASIS REGADÍOS ARGENTINOS. EFICIENCIA DE RIEGO, ANÁLISIS ECONÓMICO Y OPINIÓN DE LOS USUARIOS

Catalina Romay¹, J. Morábito¹⁻², Santa Salatino¹, O. Roby², Juan Solsona², Laura Alturria²

¹ Investigadores del CRA - INA. ² Docentes e investigadores de la FCA - UNCuyo.

Casilla correo 6 - (5500) - Ciudad - Mendoza - Argentina - E-mail: cra_riego@lanet.com.ar

RESUMEN

Los oasis bajo riego de Mendoza y San Juan, al igual que los del resto del centro-oeste del país, por sus condiciones de zona semiárida, deben su sustentabilidad exclusivamente al agua de riego de origen nival. La disponibilidad del recurso, cada día más escaso en cantidad y en calidad, requiere de la permanente incorporación de tecnología para mejorar la eficiencia de su manejo. La reciente aparición en nuestra zona del riego por pulsos (por ondas de caudal o caudal discontinuo) representa – por sus características – una alternativa más económica que el riego presurizado, a la vez que permite mejorar sensiblemente las eficiencias de riego en comparación con las del riego tradicional (especialmente en riego con pendiente).

En este trabajo se presentan los resultados de una evaluación integral del método (riego por pulsos en comparación con el riego tradicional) que comprende eficiencia, costos y opinión de los usuarios llevada a cabo en los oasis regadíos de dichas provincias. Entre los resultados se destacan el aumento de eficiencia (42% vs. 19%), la disminución de los costos, mucho mayor cuando se usa agua subterránea y la opinión – mayoritariamente satisfactoria – de los distintos niveles de usuarios encuestados.

Palabras claves: caudal discontinuo, eficiencia de riego, VAN.

**COMPREHENSIVE ASSESSMENT OF SURGE FLOW IRRIGATION IN
ARGENTINA'S IRRIGATED OASES. IRRIGATION EFFICIENCY, ECONOMIC
ANALYSIS, AND USERS' OPINION**;

Error! Marcador no definido.

Catalina Romay¹, J. Morábito¹⁻², Santa Salatino¹, O. Roby², Juan Solsona², Laura Alturria²

¹ CRA-INA Researchers. ² FCA-UNCuyo Teachers and Researchers.

Casilla n° 6 - (5500) - Ciudad - Mendoza – Argentina, e-mail address: cra_riego@lanet.com.ar

ABSTRACT

Irrigated oases in the provinces of Mendoza and San Juan --like all others in Argentina's semiarid central-western region-- are sustainable solely because of irrigation water from snowmelt. The resource, which is becoming scarcer and more polluted, calls for the constant incorporation of additional technology in order to improve management efficiency. The advent of surge flow irrigation in the region offers a more economical alternative to pressure irrigation and makes it possible to improve irrigation efficiencies if compared with traditional irrigation methods (especially in the case of slope irrigation). This paper presents the results of a comprehensive assessment of the method (surge flow vs. traditional irrigation) as regards: efficiency, costs, and users' opinions. The assessment was conducted in irrigated oases in the said provinces. Among the findings are: greater efficiency (42% vs. 19%), reduced costs (dramatically lower when compared with groundwater use), and the largely positive opinion of the various levels of users interviewed: owner/manager, technician, irrigator.

Key words: surge flow, irrigation efficiency, Net Current Value (NCV)

INTRODUCCIÓN

La superficie regada en la Argentina ha tenido una evolución discontinua y si bien representa el 4% de la superficie agrícola total del país, contribuye con casi el 30% de la producción sectorial. Mendoza y San Juan, área del presente estudio, son dos provincias del centro oeste argentino, localizadas en la zona árida y que realizan un uso intensivo de sus recursos hídricos.

En la década del 90, se produce en nuestro país un crecimiento sostenido de la superficie regada con sistemas de riego presurizado. Desde 1996 comienzan a comercializarse en la zona equipos para riego por caudal discontinuo (ondas de caudal, riego por pulsos). Este método puede aplicarse tanto a surcos como a melgas, con o sin pendiente, logra automatizar el riego por escurrimiento superficial, aumenta la longitud de la unidad de riego, mejora la eficiencia y permite optimizar las labores culturales. Estas ventajas, sumadas al bajo costo, hacen que el sistema sea adoptado rápidamente por empresas cuya economía de escala requiere de una explotación intensiva, racional y menos dependiente de la mano de obra.

Toda incorporación de tecnología puede abordarse, para su evaluación económica, desde el punto de vista del ahorro en los costos (tecnologías de ahorro), del incremento de valor (tecnologías de valorización) o de ambos (Hernández y otros, 1985). En este caso, el análisis se funda en la cuantificación técnico-económica del ahorro del recurso hídrico (agua de riego de origen superficial o subterráneo) por efecto de la mejora tecnológica introducida. Se toman en cuenta además, los ahorros generados en otros aspectos operativos colaterales a la reducción del requerimiento de agua como, por ejemplo, los menores costos en mano de obra necesaria para la preparación y ejecución de la tarea de riego.

Si bien no es descartable un efecto de valorización de la producción obtenida mediante el empleo del sistema de riego por pulsos (por mejora y uniformidad en los atributos de los frutos, aumento de los rendimientos, etc.), se ha optado por incluir este aspecto en la evaluación económica realizada solamente a nivel de análisis de sensibilidad (0 a 15% de aumento de rendimiento). Esto se debe a las dificultades que implicaría fundamentar estadísticamente resultados provenientes de una función de producción con una gran cantidad de variables que habría que mantener constantes en una comparación entre la parcela bajo estudio y el correspondiente testigo.

Como en cualquier otra actividad de servicio, la evaluación del grado de satisfacción de los usuarios es una valiosa herramienta para ajustar el desarrollo de la tecnología. Para llevarla a

cabo se pensó en la realización de una encuesta integral en cada uno de los niveles en que se realiza el manejo del riego en finca: el decisional (agricultor, empresario, etc.), el técnico (profesional encargado del cultivo o del riego del mismo) y el operativo (encargado y regador).

En este trabajo se analiza entonces el impacto de la incorporación de tecnología en la mejora de la eficiencia de aplicación del agua en parcelas cultivadas y que utilizan el sistema de riego por caudal discontinuo (también llamado riego por pulsos); se realiza además la evaluación económica, tanto en el ahorro del agua (mayor eficiencia de aplicación) y costos operativos asociados (por la automatización de parte del proceso de riego) como en el repago de la inversión inicial necesaria y además, se presenta también la opinión de los usuarios de los sistemas evaluados en el área de estudio. La evaluación se basa en el estudio de casos a partir de mediciones y datos recogidos en parcelas cultivadas con: ajo, tomate, cebolla y olivo.

ANTECEDENTES

Los valores de la eficiencia de riego alcanzados en Mendoza con riego tradicional son bajos. Chambouleyron (1982) menciona valores del 28% para el área del río Mendoza y del 41 % para el río Tunuyán inferior. La eficiencia de aplicación (a nivel de parcela dentro de la propiedad) del riego sin pendiente está próxima al 60%. Las causas de la baja eficiencia son varias, dependiendo del cultivo a regar y del método utilizado (con o sin escurrimiento al pie). Cuando se riega con escurrimiento al pie la eficiencia de aplicación raramente supera el 30%.

Stringham y Keller (1979) mencionado por Walker (1987), introdujeron el concepto de riego por pulsos o caudal discontinuo y desde ese momento hasta el presente se han realizado numerosos trabajos de investigación que permiten concluir que este método de riego produce el avance del frente de agua sobre el surco en forma más rápida, reduce la percolación profunda y, cuando las unidades de riego son largas, también el escurrimiento al pie, logrando una buena uniformidad en la aplicación del agua.

En éste método el agua se conduce hasta cada surco o melga por medio de tuberías. La distribución se realiza a través de una válvula mariposa o “T” que abastece a dos laterales y asegura a cada surco un caudal conocido y uniforme, con muy baja presión en cabecera (menor de 1 metro), por medio de pequeños orificios regulables. La válvula orienta todo el caudal a un ala regadora por vez regando un número de surcos durante un tiempo determinado. Luego se deriva a la otra ala, repitiendo este accionar en forma alterna (ciclos). El sistema permite el uso de aguas de origen superficial o subterráneo.

No hay, todavía, un adecuado conocimiento sobre el manejo de estos sistemas en el medio y, a campo, se observa – a priori - un desaprovechamiento de sus ventajas. Las empresas vendedoras manejan recomendaciones que se concentran en la operación de la válvula y son muy generales cuando se refieren a las técnicas de manejo para lograr altas eficiencias.

OBJETIVOS

Cuantificar la eficiencia con que se está usando el agua en los nuevos sistemas de riego por caudal discontinuo y compararla con el riego tradicional. Elaborar recomendaciones para un mejor aprovechamiento de los equipos destinadas al eficiente uso del recurso, para asegurar la sustentabilidad futura.

Evaluar económicamente la aplicación del sistema de riego por pulsos desde el enfoque de la "tecnología de ahorro", basando el análisis en los siguientes objetivos específicos: Calcular el costo unitario del recurso (\$/m³ de agua) en la parcela, en función de su origen (superficial o subterráneo) y de la eficiencia con que se lo maneja (método de riego utilizado). Determinar, en forma paralela, la reducción de los costos operativos asociados, especialmente en aquellos concernientes a la mano de obra involucrada en el mantenimiento del sistema a nivel de parcela, las labores de preparación y la aplicación del agua propiamente dicha.

Conocer, en los distintos niveles de toma de decisión y operación, la opinión sobre el sistema de riego por pulsos a través de una medición cuali-cuantitativa. Enfatizar la importancia de una evaluación integral periódica de las distintas tecnologías de riego.

Contribuir a elevar la eficiencia con que se utiliza el recurso hídrico a nivel global, en todo el oasis bajo riego, a través de la difusión de los resultados.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sobre la base de la consulta directa a las empresas vendedoras se realizó un banco de datos de equipos vendidos. Se contactó a los propietarios a fin de realizar las evaluaciones de los equipos tal cual se encuentran funcionando, además de obtener los datos para la evaluación económica y de opinión sobre la tecnología usada.

Entre las distintas metodologías de evaluación de eficiencias de métodos de riego internacionalmente aceptadas se seleccionaron las propuestas por J. Keller and R. Bliesner (1990) citados por Walker (1987), J. Chambouleyron y J. Morábito (1991) y Elliott y Walker (1982) referenciados por Walker (1987), para calificar las eficiencias de riego. Estos últimos plantean una metodología básica (coincidente con la de los anteriores) para calcular la eficiencia de

aplicación, la percolación profunda, el escurrimiento al pie y la eficiencia de almacenaje, basada en la teoría de balances de volúmenes. Se definió como unidad de evaluación el surco, tanto en el riego tradicional como en el riego por pulsos.

Los parámetros más importantes de medir fueron: caudal entrado (Q_u), avance y receso del agua, caudal salido (Q_s), déficit de humedad antes del riego, volumen de agua en superficie a través del tiempo y características de infiltración de la superficie del suelo. Además se midió: geometría, espaciamiento y largo del surco, textura, velocidad de infiltración y pendiente de riego. La encuesta confeccionada se complementó con información referida a: fuente de agua, equipo instalado y superficie efectivamente regada, cultivo, especie y variedad, niveles productivos y calidad de la producción, criterios de riego, personal afectado al riego, costos de mantenimiento del equipo, fertilización, etc. Para la medición del caudal se utilizaron dos aforadores trapezoidales por surco (entrada y salida) y para la medición del avance y del receso se colocaron estacas equidistantes a 20 metros. La geometría del surco se midió con un perfilómetro. Una vez confeccionaron los hidrogramas respectivos se dedujeron por integración los volúmenes ingresado y salido (figura 1)

El Cuadro 1 resume la ubicación, tamaño y principales características de las propiedades en las que estaban instalados los equipos.

Cuadro 1: Características de las propiedades encuestadas

Superficie cultivada (ha)	Origen del agua	Cultivos	Nº de equipos	Año de compra	Lugar
460*	Subterráneo	Tomate, ajo, cebolla y otros	9	1997/98	Mendoza
15*	Superficial y subterráneo	Tomate y ajo	1	1999	Mendoza
700*	Superficial y subterráneo	Olivos	6	1997/98	San Juan
170	Subterráneo	Alamos	4	1999	San Juan
690*	Superficial y subterráneo	Tomate y ajo	1	1996	Mendoza
64	Superficial y subterráneo	Papa, ajo y centeno	2	1998	Mendoza
200	Subterránea	Papa, ajo y otras	1	1997	Mendoza

* En estas propiedades se incluyó el estudio económico

Para la evaluación económica se tomó como unidad de evaluación el costo unitario del recurso, es decir el metro cúbico de agua de riego. Teniendo como punto de partida este costo unitario del agua puesta en la parcela, según su origen, y para cada caso, se pretende evaluar las variaciones que se producen de acuerdo a la eficiencia de aplicación en la parcela, las que dependen del sistema de riego utilizado.

Encuestas metodológicamente diseñadas realizadas a nivel de propiedad permitieron relevar y analizar las variables necesarias para la evaluación económica propuesta. Posteriormente, a través de un programa de computación se realizó el cálculo, caso por caso, del costo unitario (\$/m³ de agua) en función de la eficiencia con que se lo aplica en las distintas parcelas del estudio.

Se consideró también en el análisis la evaluación de la inversión para la adquisición del equipo de riego por pulsos. Para lo cual se procede al cálculo del VAN (Valor Actual Neto) y del Período de Repago, sobre la base de los flujos incrementales fundados en las diferencias de los costos arriba mencionados (Hernández y otros, 1985).

Para evaluar el grado de aceptación de los usuarios a la nueva tecnología se pensó en la realización de una encuesta integral a los distintos niveles en que se realiza el manejo del riego y la producción en finca: el decisional (agricultor, empresario, etc.), el técnico (profesional encargado del cultivo o del riego del mismo) y el operativo (encargado y regador). En el presente trabajo se ha realizado la evaluación de los principales sistemas existentes a la fecha en las provincias de Mendoza y San Juan para asegurar la representatividad, certeza y pertinencia de las conclusiones. A pesar de su crecimiento no existen demasiadas propiedades con una experiencia aceptable de uso del sistema ya que el primer sistema adquirido en la zona data de 1996.

El diseño del formulario de encuesta pretendió incluir todos los aspectos considerados de importancia para calificar el grado de aceptación y la mayor o menor satisfacción de los usuarios. La parte central de la encuesta estuvo dedicada a la evaluación cuali-cuantitativa de la opinión de productores, encargados y regadores sobre las ventajas y desventajas del sistema, siempre en comparación con los métodos de riego tradicional. La información obtenida se analiza en función de la motivación de compra, opinión, preferencia y calificación (a nivel de productor) del sistema de riego. Se registran también las exigencias de mano de obra y la mayor o menor compatibilidad con los requerimientos de maquinaria para las labores culturales así como los esfuerzos de adaptación que requiere el sistema por parte de sus usuarios para su operación y el consumo de energía, entre los más importantes.

RESULTADOS OBTENIDOS

Evaluación de eficiencia: La evaluación de surco con pendiente con riego tradicional se hizo en una propiedad: (parcela 120), ubicada en Perdriel (Luján de Cuyo), suelo de textura franco-limosa, cultivada con ajo blanco, un mes antes de cosecha, en un total de 50 surcos regados con doble sifón (1" de diámetro). El riego analizado llevó el n°: 20, el total de horas de riego fue 24, la pendiente de riego de 0,218 % y las dimensiones de la unidad de riego: longitud del surco 197 metros y espaciamiento entre surcos de 0,90 metros. Del análisis de los resultados de este ejemplo surge: volumen total ingresado (**Ving**) 102,97 m³; volumen total egresado (**Vegr**) 24,71 m³. Por diferencia se calcula el volumen total infiltrado (**Vinf**): $V_{inf} = V_{ing} - V_{egr} = 78,26 \text{ m}^3$.

El volumen almacenado se obtuvo por gravimetría. Para ello la longitud total de riego se dividió en cuatro. Se sacaron muestras de suelo antes y después del riego (surco y camellón) en cada cuarto y a tres profundidades distintas, tratando de cubrir la profundidad efectiva de raíces del cultivo. Los volúmenes almacenado y percolado fueron: $V_{alm} = 12,387 \text{ m}^3$ y $V_{perc} = V_{inf} - V_{alm} = 65,87 \text{ m}^3$. Se deduce también el caudal promedio de entrada $Q_u = 0,0715 \text{ m}^3/\text{min}$.

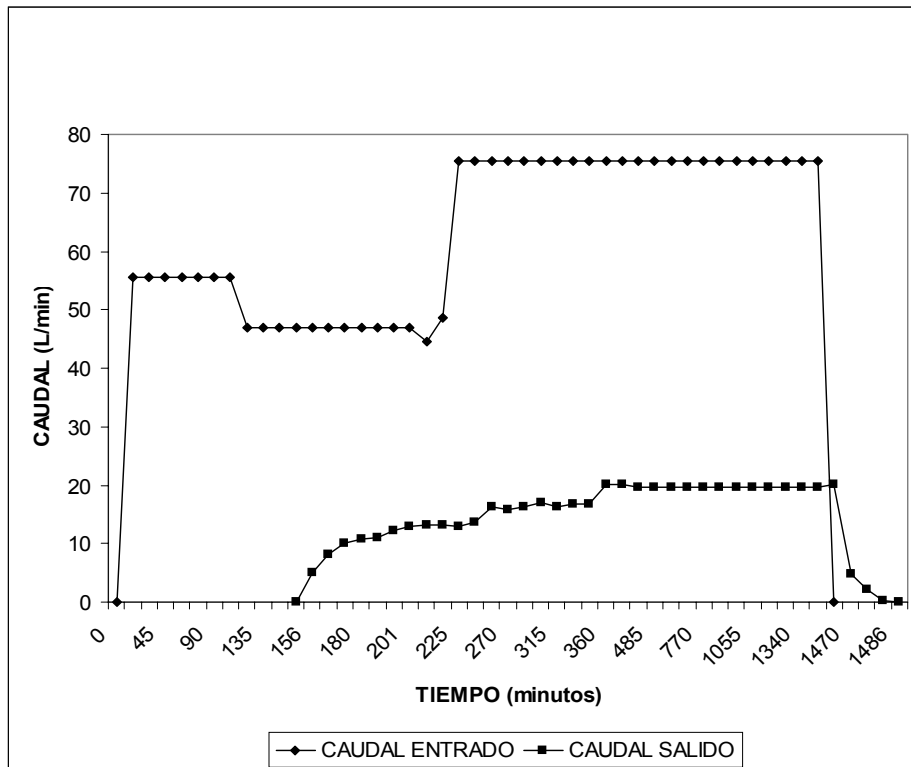


Figura 1: Hidrograma de entrada y de salida del ensayo de riego tradicional

La eficiencia de aplicación (Ea) ha sido definida como el cociente entre el volumen almacenado y el volumen ingresado durante el riego. La percolación profunda (Pp) se expresa como una relación entre el volumen percolado respecto del volumen ingresado y el escurrimiento al pie (Ep) se expresa como cociente entre volumen escurrido al pie de la unidad de riego y volumen ingresado. Los valores obtenidos en el ejemplo fueron: **Ea** = 12 %; **Pp** = 64 % y **Ep** = 24 %.

Los resultados de las evaluaciones realizadas se presentan en el cuadro 2. En él se incluyen los siguientes parámetros para el riego tradicional y por pulsos: identificación del ensayo (N°); cultivo; suelo; pendiente (S), largo de surco (L), espaciamiento (W), caudal unitario (Qu); tiempo de aplicación (Ta); lámina bruta aplicada (db); volúmenes: ingresado (Ing.), egresado (Egr.), infiltrado (Inf.), almacenado (Alm.) y percolado (Perc.); eficiencia de aplicación (Ea) y relaciones de percolación profunda (Pp) y escurrimiento al pie (Ep). En todos los casos la eficiencia de almacenaje fue del 100%, la eficiencia de aplicación del riego innovador duplicó al valor del riego tradicional (42 % vs 19 %) y hay menos percolación y escurrimiento al pie.

Cuadro 2: Resultados de las evaluaciones realizadas

N°	Cult.	Suelo	S %	L m	W m	Qu L/s	Ta h	Db mm	Volumen (m3)					Ef. %	Relación %	
									Ing.	Egr.	Inf.	Alm.	Perc.		Ea	Pp
1	Tom	FA	1,1 45	520	1,4	0,78 3	24,0	93	67,7	0,4	67,3	17,1 2	50,1 8	25	74	1
2	Ajo	Fl-Fa	0,2 13	197	0,9	0,58 0	24,0	282	50,11	15,4 2	34,6 9	12,3 9	22,3 0	25	44	31
3	Ajo	Fl-Fa	0,2 18	197	0,9	1,19 2	24,0	580	102,9	24,7 1	78,2 6	12,3 9	65,8 7	12	64	24
4	Ceb.	Fa	0,3 33	195	0,9	0,39 9	24,0	197	34,51	2,05	32,4 5	6,09 8	26,3 5	18	76	6
5	Ceb.	Fa	0,3 18	195	0,9	0,42 9	24,0	211	37,08	6,14	30,9 4	6,09 8	24,8 4	16	17	67
6	Tom	Fl-Fa	0,2 70	233	1,5	0,56 0	24,0	138	48,41	21,7 0	26,7 1	8,15 5	18,5 5	17	38	45
Promedio en riego tradicional								250						19	52	29
1	Tom	FA	1,1 45	542	1,4	0,76 4	11,7	43	32,18	5,95	26,2 3	17,1 2	9,10 4	53	28	19
2	Ajo	Fl-Fa	0,1 65	180	0,9	0,60 5	11,8	159	25,73	3,72	22,0 1	13,1 6	8,84 7	51	34	15
3	Ajo	Fl-Fa	0,1 50	180	0,9	0,85 5	11,8	224	36,33	3,15	33,1 8	13,1 6	20,0 2	36	55	9
4	Ceb.	F	0,2 40	187	0,9	0,55 8	11,7 5	140	23,60	4,59	19,0 0	9,24 9	9,75 6	39	41	20
5	Ceb.	F	0,2 60	187	0,9	0,63 5	11,7 5	159	26,84	4,15 0	22,6 9	9,24 9	13,4 4	35	50	15
6	Tom	Fl-Fa	0,3 40	185	1,5	0,42 6	11,8	66	18,25	7,54 8	10,7 0	6,47	4,23 9	36	23	41
Promedio en riego con caudal discontinuo								132						42	39	20

En riego por pulsos la aplicación de agua es intermitente y se riegan surcos en una serie de períodos de apertura y cierre de válvula relativamente cortos, llamados ciclos.

El ensayo se realizó en un cultivo de ajo blanco (parcela N°: 105) sobre suelo de textura franco-limosa. Se trató de un total de 79 surcos: 39 regados por el lateral derecho y 40 por el lateral izquierdo. El riego evaluado correspondió al N° 20, con un tiempo total de riego de 23 horas con 36 minutos (la mitad del tiempo para cada lateral). La pendiente de riego fue de 0,165 % (0,00165 m/m), con una longitud de surco de 180 m y un espaciamiento de 0,9 m.

Se presenta a continuación el hidrograma de entrada y salida (fig. 2). Los primeros 5 pulsos corresponden a la fase de avance (de 29, 38, 48, 58, 67 minutos de duración cada uno). A partir del último pulso de avance se inician 13 ciclos de “remojo” de 36 minutos cada uno (en la figura sólo se muestran dos). Con respecto al hidrograma de salida se presentan sólo el desagüe del quinto pulso de avance y los dos primeros pulsos de remojo.

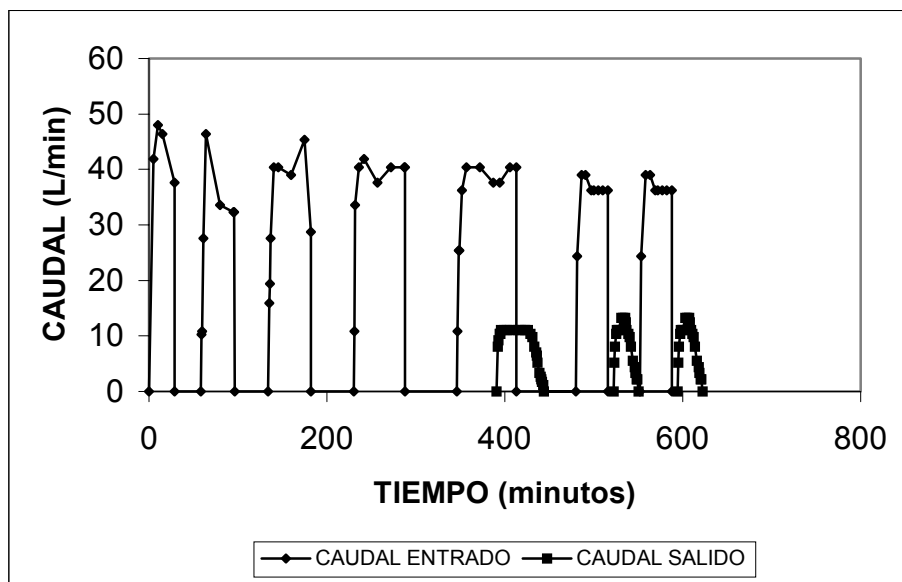


Figura 2: Hidrograma de entrada y de salida del ensayo de riego por pulso

Los resultados obtenidos fueron: $V_{ing} = 25,73 \text{ m}^3$, $V_{egr} = 3,72 \text{ m}^3$ y $V_{inf} = V_{ing} - V_{egr} = 22,01 \text{ m}^3$. El volumen almacenado (V_{alm}) se obtuvo por gravimetría de la misma forma que en riego tradicional: $V_{alm} = 13,16 \text{ m}^3$ y el volumen percolado (V_{perc}) surge por diferencia entre $V_{inf} - V_{alm} = 8,85 \text{ m}^3$. El caudal promedio de entrada fue: $Q_u = 0,0363 \text{ m}^3/\text{min}$. Las eficiencias y relaciones fueron: $E_a = 51,2 \%$; $P_p = 34,4 \%$ y $E_p = 14,4 \%$.

Evaluación económica: Un primer grupo de datos está constituido por aquellos provenientes de encuestas de campo y resultados de la evaluación técnica de los riegos en los cultivos correspondientes a los casos seleccionados. Estas variables son: eficiencia de aplicación, N° de riegos, lámina aplicada, N° de horas para traslado del equipo de riego, etc. El otro grupo de datos necesarios para la evaluación son los parámetros económicos como canon de riego, tarifas de energía eléctrica, costo de la mano de obra y valor de las inversiones en el equipo de riego.

Cuadro 3: Evaluación técnico–económica de riego por pulsos. Variables consideradas

Cultivo	Variables									
	Encuesta	Sup.	Db Trad	db Pulso	N° de Riegos	V aplicado Trad.	V aplicado Pulso	Precio agua	Mano de obra (\$/ha)	
	Ha	mm	mm		m3/ha	m3/ha	\$/m3	Trad	Pulsos	\$
1 Ajo	32	282	159	22	62.040	34.980	0,0311	308	97	12.577
2 Tomate	27,5	138	66	16	22.080	10.560	0,0311	224	76	12.577
3 Cebolla	32	204	149	17	34.680	25.330	0,0311	237	75	12.577
4 Olivo	20	250*	132*	14	35.000	18.480	0,0057	230	4,6	9.551
5 Tomate	16	93	43	16	14.880	6.880	0,0059	38	23,8	10.831

Referencias: Sup = superficie, db = lámina bruta, Trad = riego tradicional, V = volumen.

*: valores promedio de las evaluaciones realizadas.

En las simulaciones correspondientes al análisis de sensibilidad por incremento potencial de rendimientos de los cultivos, se incorporaron dos variables, a saber: el precio del cultivo en la última temporada, con un rango de variación de +/- 20%, y una escala de incrementos progresivos de rendimiento desde 0 hasta el 15%. En los casos correspondientes al 5, 10 y 15 % de aumento de producción, al efecto de economía de gastos, se suma el consiguiente aumento de ingresos, ampliándose el beneficio por la incorporación tecnológica (cuadro 4).

Para el cálculo del VAN, se aplicó el método de las diferencias incrementales, reflejándose las mismas en los respectivos flujos de fondos. Estos fueron conformados por el monto total de la inversión en el equipo de riego por pulsos afectado al primer año y las diferencias de costos operativos de cada uno de los 10 años hasta donde se fijó el horizonte de este análisis. Cabe destacar que no se tomó en cuenta el recupero del valor residual del equipo en el último año, reduciendo de esta forma los ingresos esperados.

Cuadro 4: VAN riego por pulsos. Análisis de sensibilidad precio/producto/rendimiento

Cultivo	Precio		Tasa	Diferencia de rendimiento			
	\$	Variación		0%	5%	10%	15%
1	0,125	(-20%)	12%	\$179.789	\$189.168	\$198.547	\$207.926
Ajo	0,150		12%	\$179.788	\$191.044	\$202.299	\$213.554
	0,180	(+20%)	12%	\$179.788	\$193.295	\$206.801	\$220.307
2	0,058	(-20%)	12%	\$67.946	\$97.404	\$126.862	\$156.319
Tomate	0,070		12%	\$67.946	\$103.295	\$138.645	\$173.994
	0,084	(+20%)	12%	\$67.946	\$110.365	\$152.784	\$195.203
3	0,108	(-20%)	12%	\$71.356	\$96.429	\$121.500	\$146.572
Cebolla	0,130		12%	\$71.356	\$101.442	\$131.528	\$161.615
	0,156	(+20%)	12%	\$71.356	\$107.459	\$143.563	\$179.667
4	0,292	(-20%)	12%	\$27.635	\$42.467	\$57.299	\$72.131
Olivo	0,350		12%	\$27.635	\$45.433	\$63.232	\$81.030
	0,420	(+20%)	12%	\$27.635	\$48.993	\$70.351	\$91.709
5	0,058	(-20%)	12%	(\$ - 4.114)	\$22.254	\$48.621	\$74.989
Tomate	0,070		12%	(\$ - 4.114)	\$27.527	\$59.168	\$90.810
	0,084	(+20%)	12%	(\$ - 4.114)	\$71.825	\$147.764	\$223.703

Evaluación de la opinión de los usuarios: La medición del grado de satisfacción de los usuarios con el método de riego evaluado fue analizada en base a tres aspectos considerados como totalizadores de las diferentes variables que intervienen en la calificación de la herramienta seleccionada:

1. Motivación de la decisión de compra del sistema de riego por pulsos

Entre los motivos mencionados surge claramente la conciencia de la necesidad de ahorro de agua (mencionada por cinco de los siete usuarios entrevistados) y la conveniencia de incorporar tecnología a través de un equipo sencillo, sin sofisticaciones (especialmente en aquellos cultivos en los que la recuperación de la inversión es a largo plazo, caso del álamo) y con un costo menor a otros sistemas existentes en el mercado (riego presurizado).

Otros motivos que avalaron la compra del sistema de riego por pulsos citados por los productores fueron: el alto costo actual de la energía eléctrica (directamente relacionado con el bombeo del agua de riego de origen subterráneo), la disponibilidad de tierra ya sistematizada para riego por superficie pero con limitaciones topográficas de dominio y la búsqueda permanente de tecnologías que permitan obtener mayores rendimientos y aumento de eficiencia de riego.

2. Principales ventajas y desventajas del método según la opinión del productor

La encuesta utilizada permitió profundizar sobre las principales ventajas y desventajas del riego por pulsos a través de la vivencia directa de los distintos niveles involucrados en su uso: el

productor, el encargado y el regador. Se presenta a continuación, por razones de espacio, sólo la opinión del productor.

Se mencionan como ventajas la existencia de menos problemas en el manejo del desagüe (6 veces), el ahorro de agua (3 veces), el riego más rápido (menos horas de riego por cuartel, vuelta del riego en menos tiempo) (2 veces), la mejor distribución del agua (2 veces), el menor requerimiento de mano de obra: no hay que armar acequias, una persona puede atender una mayor superficie de riego, se han bajado los costos de la mano de obra en riego entre el 35% y 40%, no hay que “acomodar” (controlar) el agua, el regador puede hacer otra cosa en forma simultánea con el riego, se puede regar mejor de noche.

Otros de los aspectos considerados ventajosos por el nivel decisional son una mayor uniformidad en el crecimiento de cultivos perennes comparado con el obtenido con riego tradicional, una interesante simplicidad de manejo del sistema, la prescindencia de la permanente construcción de acequias (regueras, cruceros) y la asequibilidad económica (especialmente importante para los productores medianos y/o chicos).

En cuando a las desventajas, las respuestas de los productores entrevistados destacan la insuficiente capacitación de los operarios para modificar por sí mismos el programa de riego (operado directamente a través de la microcomputadora ubicada sobre la válvula de distribución) (3 veces), mencionan también que el regador tiene que tomarle la mano al manejo y montaje de las cañerías. Indican que la computadora del equipo no informa ni registra en forma directa y fácilmente accesible el caudal disponible (necesario para el correcto cálculo de las láminas que deben ser aplicadas en las distintas fases del ciclo de los cultivos) y las observaciones referidas a las exigencias de una adecuada nivelación tanto de la cañería de distribución como de la superficie de riego para obtener un mejor aprovechamiento del agua.

No escapa a la valoración como desventajas a juicio del productor el servicio de posventa. Se sugiere evitar un cierto abandono de clientes, asegurar - de parte del fabricante de la válvula - un adecuado servicio de posventa independiente de las empresas que vendan el equipo (integral o parcialmente) y, por último, bajar los precios.

3. Opinión y preferencias de los usuarios

Se ha tratado de presentar de manera gráfica las respuestas obtenidas en los distintos niveles de usuarios del riego por pulsos. La figura 3 ilustra la opinión del productor sobre los principales aspectos operativos del sistema. La misma ha quedado reflejada en variables como el manejo propiamente dicho del sistema, la exigencia de mano de obra y el comportamiento de la maquinaria en relación a la presencia de los laterales de riego. Las respuestas se han sometido a

un análisis cualitativo agrupándose en opiniones positivas, neutras y negativas. En todos los niveles puede verse el neto predominio de la valoración positiva y neutra por sobre los valores negativos.

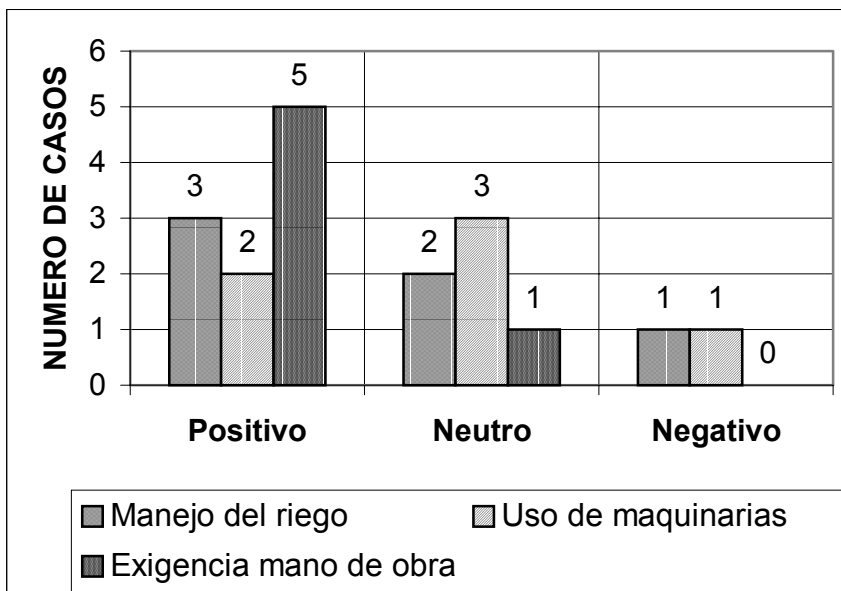


Figura 3: Opinión del productor. Aspectos operativos

Los aspectos cualitativos de valoración del sistema de riego se han resumido en dos grandes variables, la “aceptación del sistema” y “pulso vs tradicional” y constituyen lo que se ha denominado las preferencias de los usuarios (figura 4). En estos parámetros se incluyó, con respecto a las opciones anteriores; una más (muy positivo).

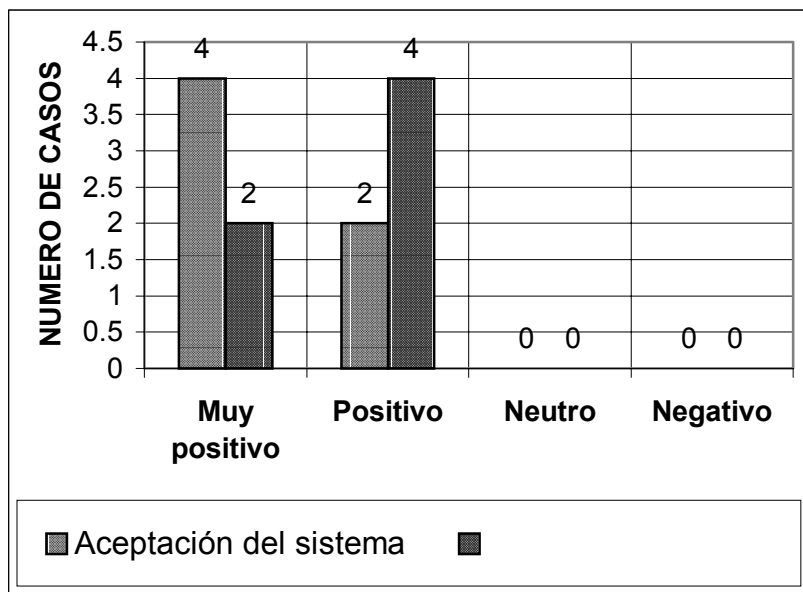


Figura 4: Preferencias del productor

CONCLUSIONES

A diferencia de los métodos de riego presurizados, el riego por pulsos requiere de una puesta a punto del sistema a campo. Se trata de la calibración de caudales y tiempos de riego (avance y remojo) y de infiltración, tanto para el primer riego (sobre suelo movido) como para los subsiguientes, que lleva implícito el esfuerzo de aprendizaje (teórico - práctico y cultural) de productores, encargados y operarios acostumbrados al manejo del riego tradicional. Esto se debe a la variabilidad de las situaciones que pueden llegar a presentarse. Es por ello que resulta necesario encontrar para cada situación, un manejo práctico que asegure una alta eficiencia sin demasiadas complicaciones. Lo comentado demuestra que este novedoso método de aplicación del agua a los cultivos constituye un verdadero modelo de incorporación de tecnología y, como tal, es una herramienta que debe ser usada y ajustada día tras día, en base a la experiencia particular de cada regante para optimizar sus resultados.

Puede afirmarse que existe una significativa reducción o ahorro de agua en la utilización del riego por pulsos. Esta respuesta es una consecuencia del aumento de la eficiencia de aplicación, lograda gracias a la mejora tecnológica introducida. Se evidencia todavía un subaprovechamiento de los equipos, ya que las eficiencias alcanzadas están muy lejos de las aceptables para el método (70% ó más).

Se observa que la evaluación económica basada en la reducción de costos por un mejor uso del agua de riego depende directamente del valor unitario que este recurso tiene en cada uno de los casos analizados. La disminución de costos se magnifica en los casos de uso de agua subterránea (0,03 \$/m³) si se lo compara con los casos de agua superficial, cuyo costo resulta siempre inferior (0,006 \$/m³). Es decir el agua subterránea resulta - a nivel de parcela - 400 % más cara (cuadro 3). Obviamente, esto repercute en forma directa en la evaluación de la inversión en el equipo de riego por pulsos, mejorando el VAN y acortando el Período de Repago en los casos en que el costo del recurso hídrico es mayor (agua subterránea).

Las variaciones en los costos asociados a la disminución en el uso de la mano de obra son de índole más general, dependiendo fundamentalmente de la calidad de la información disponible. En la medida que se registren datos más precisos de cada variable será factible mejorar el análisis.

Con la única excepción del caso 5 (tomate regado con agua de origen superficial), en todos los casos analizados se obtuvo una muy significativa economía de consumo de agua. Esto se reflejó directamente en los costos anuales por unidad de superficie y consecuentemente en los

valores calculados del VAN, cuyos montos superan holgadamente a los de la inversión inicial, la cual se repaga entre el primer y segundo año (cuadro 4).

Cabe aclarar que no se han considerado otras fuentes potenciales de economía (directas o indirectas) como por ejemplo la posibilidad de realizar prácticas de fertigración. Tampoco se ha modelado la optimización del uso de otros recursos como el mayor aprovechamiento del suelo resultante de la disponibilidad adicional de agua, especialmente en los casos en que ésta sea de origen superficial.

Si bien la evaluación de opinión y preferencias de los usuarios demuestra una valoración muy satisfactoria del método, coincidente en los distintos niveles (productor, encargado y regante), los servicios de posventa deberán ajustar sus mecanismos de funcionamiento para lograr una mayor satisfacción de los usuarios. Esto podrá ser rápidamente capitalizado a través de un aumento de la cartera de clientes y/o de la superficie bajo riego servida por las empresas.

Como conclusión se puede afirmar que la incorporación del riego con caudal discontinuo está siendo muy bien aceptada por los usuarios, permite aumentar la eficiencia de riego y resulta económicamente muy conveniente en todos los casos analizados si se combina sus efectos como tecnología de ahorro (agua y mano de obra) y de valorización (aumento de rendimientos). Más aún, en la mayoría de los casos, la inversión es altamente rentable sólo considerando el efecto de ahorro, repagándose a muy corto plazo (menos de dos años).

REFERENCIAS

1. Chambouleyron J., Salatino S., Morábito J. y Mirábile C. (1993). “Evaluación del riego presurizado en el oeste Argentina. Primer Simposio de Riego Presurizado”, Mendoza – Argentina.
2. Hernández, L.; H. Roby y E. Sancho, Chambouleyron, J.; J. Morábito; J. Zuleta; S. Salatino y C. Mirábile, García, J. 1985. Metodología para la evaluación del costo del agua de riego en función de la eficiencia en el uso del recurso a nivel de finca. XII CNA, Mza. – Argentina.
3. Morábito J. y S. Salatino, O. Roby y J. Solsona. 1997. Análisis técnico económico comparativo de métodos de riego en olivo. Un caso en la provincia de Mendoza – Argentina. I Seminario de Actualización de Riego Presurizado. CIAM - INA - Mendoza - Argentina.
4. Morábito J, S. Salatino, C. Mirábile y J. Chambouleyron. (1988). “Evolución del riego presurizado en Argentina”. CONAGUA, Santa Fe - Argentina

5. Romay Catalina y José Morábito. 2000. Comparación entre riego tradicional y pulsos. Análisis de casos en Mendoza – Argentina. CNA 2000. Santiago del Estero - Argentina.
6. Walker W. R. & G. Skogerboe. (1987). *Surface irrigation, theory and practice*. Utah State University. Prentice Hall, INC. New Jersey, USA.

IV Dialogo Interamericano sobre manejo de aguas “En busca de soluciones”

Foz do Iguacu, Paraná, Brasil, 22 al 26 de abril del año 2001

Area Temática: (4) *Manejo de recursos hídricos en regiones áridas y semiáridas*

Líneas de abordaje: (4) *Desarrollo científico y tecnológico*

Temática: (4.4) *Desarrollo científico y tecnológico para el manejo de recursos hídricos en las regiones áridas y semiáridas. Uso de agua subterránea, control y recuperación de acuíferos, técnicas adecuadas para la reserva y conservación de recursos hídricos. Desertificación y desalinización*

Identificación del trabajo:

- **Título del trabajo:** EVALUACIÓN INTEGRAL DEL RIEGO POR PULSOS EN LOS OASIS REGADÍOS ARGENTINOS. EFICIENCIA DE RIEGO, ANÁLISIS ECONÓMICO Y OPINIÓN DE LOS USUARIOS

- **Nombre y dirección de autores inclusive e-mail:** Catalina Romay, José Morábito, Santa Salatino, O.svaldo Roby, Juan Solsona, Laura Alturria. INA – CRA y Docentes e investigadores de la FCA - UNCuyo. Casilla correo 6 (5500) - Ciudad - Mendoza - Argentina - E-mail: cra_riego@lanet.com.ar

- **Indicación del tema y subtema del trabajo del Plan temático:** Desarrollo científico y tecnológico para el manejo de recursos hídricos en las regiones áridas y semiáridas.

Secretaría del diálogo:

- dialogo@acquacon.com.br
- www.ivdialogo.com