

Desempeño actual de un *Equipo Móvil de Riego por Aspersión (EMRA)* en el sistema de riego presurizado *K'aspicancha - Kewiña Jara (Tiraque)*

Efrain Soliz; Oscar Delgadillo

Centro AGUA (FCAYP - UMSS)

E mail: soliz.ef@gmail.com

Resumen. El sistema de riego *K'aspicancha Kewiña Jara* (Municipio de Tiraque), se caracteriza por la producción agrícola bajo riego tecnificado. El año 2014, a la conclusión del proyecto, cada agricultor recibió un equipo móvil que funcionaba con un aspersor Rain Bird 30 H. Producto de la variación de presión y caudal que existe en el sistema de riego, durante el riego parcelario los agricultores identificaron diferentes problemas (fugas de agua en la conexión, compactación en el suelo, leve erosión, etc.). Ante esta situación, los agricultores realizaron modificaciones y algunos optaron por el uso del aspersor Senninger Xcel Wobbler. La presente investigación, evaluó el desempeño de un *Equipo Móvil de Riego por Aspersión (EMRA)*, utilizado en el sistema de riego presurizado de *K'aspicancha Kewiña Jara*, después de 4 años de funcionamiento. La metodología empleada, combinó técnicas de evaluación en parcela, entrevistas, recorridos de campo y revisión documental. Los resultados muestran que la *Uniformidad de Distribución* y el *Coefficiente de Uniformidad de Christiansen* son bajas (de 16,9% a 52,8%). Asimismo, la *Eficiencia de Aplicación* presenta valores de 8.5% a 25.8% y la *Eficiencia de Almacenamiento*, como máximo, alcanza a 81.8%. Estos valores se deben a diversos factores: poca experiencia de riego, modificaciones en los aspersores, tiempos de riego largos, distancias entre aspersores variables, parcelas pequeñas e irregulares, aspersores que no funcionan en su rango de funcionamiento, falta de capacitación técnica, así como el viento.

Palabras clave: Riego moderno; Riego por aspersión; Uniformidad del riego; Eficiencia del riego.

Summary: Current performance of a Mobile Sprinkler Irrigation Equipment (EMRA) in the *K'aspicancha - Kewiña Jara (Tiraque)* pressurized irrigation system. The irrigation system *K'aspicancha Kewiña Jara* (Municipality of *Tiraque*), is characterized by agricultural production under technical irrigation. In 2014, at the conclusion of the project, each farmer received a mobile device that worked with a Rain Bird 30H sprinkler. Due to the variation in pressure and flow that exists in the irrigation system, during the plot irrigation the farmers identified different problems (water leaks in the connection, soil compaction, slight erosion, etc.). Given this situation, the farmers made modifications and some opted for the use of the Senninger Xcel Wobbler sprinkler. The present research evaluated the performance of a Mobile Sprinkler Irrigation Equipment (EMRA), used in the pressurized irrigation system of *K'aspicancha Kewiña Jara*, after 4 years of operation. The methodology used combined plot evaluation techniques, interviews, field trips and documentary review. The results show that the Uniformity of Distribution are low (from 16.9% to 52.8%). Likewise, the Application Efficiency presents values of 8.5% to 25.8% and the

Storage Efficiency, at most, reaches 81.8%. These values are due to various factors: little irrigation experience, modifications in sprinklers, long irrigation times, distances variable between sprinklers, small and irregular plots, sprinklers that do not work in their operating range, lack of technical training, as well as wind.

Keywords: Modern Irrigation; Sprinkle irrigation; Irrigation Uniformity; Irrigation Efficiency.

Introducción

En nuestro país, el riego por aspersión ha recibido un fuerte impulso en las últimas dos décadas, principalmente en zonas montañosas, donde se aprovecha los desniveles existentes naturalmente como fuente de energía para presurizar. Sin embargo, este crecimiento en inversión, no ha ido a la par con el desarrollo de capacidades, tanto de técnicos como de agricultores, dando como resultado eficiencias y uniformidades de riego pobres a nivel de parcela y sistemas de riego presurizado, implementados deficientemente.

El sistema de riego *K'aspicancha Kewiña Jara*, conformada por tres comunidades ubicadas en la parte norte del centro poblado del municipio de Tiraque (Cochabamba), ha migrado su matriz tecnológica de canal, a tubería a presión y de riego por superficie, a riego por aspersión en parcela. Desde que empezó a operar en el año 2014, recibió dos servicios AAT (*Acompañamiento y Asistencia Técnica*) aunque con resultados muy pobres.

El primer servicio no funcionó correctamente, rescindiéndose su contrato prematuramente.

El segundo servicio de asistencia técnica, inició el trabajo en septiembre de 2014, culminando, según contrato, el mes de noviembre, siendo el tiempo de implementación muy corto, dos meses y uno de “papeleo” (van Bezu 2016).

Ante esta situación, los mismos agricultores con el *Equipo Móvil de Riego por Aspersión*, EMRA, (aspersor, la manguera y accesorios de acople) que recibieron al finalizar la ejecución del proyecto, lograron “ajustar” el funcionamiento de su sistema y sus equipos móviles de riego por aspersión en parcela.

Asimismo, incluyeron un nuevo aspersor, el Senninger Xcel Wobbler, por tanto, los resultados de riego en términos de eficiencia y uniformidad de riego, son una incógnita.

En la investigación se realizó una evaluación de desempeño de un *Equipo Móvil Riego por Aspersión* (EMRA) y sus factores implicados en la aplicación de riego en la parcela, de esta forma mejorar el proceso de riego para ahorrar el agua, mano de obra, disminuir la erosión, etc. y así mejorar el rendimiento de los cultivos.

La metodología combina técnicas cuantitativas y cualitativas, tales como:

mediciones en parcelas de los parámetros que intervienen en el proceso de riego (el caudal, presión del aspersor, tiempo de riego, volumen de agua recogido en cada pluviómetro, marco de riego, dirección y velocidad del viento, etc.), revisión de documentos, observación, entrevistas y mapeos.

Materiales y métodos

La metodología empleada, combinó técnicas de evaluación en parcela, entrevistas, recorridos de campo y revisión documental.

Una actividad inicial fue la socialización de la investigación a los usuarios del sistema de riego y un recorrido del sistema de riego, realizando el diagnóstico de los equipos móviles de riego por aspersión en funcionamiento. Posteriormente, se seleccionó seis parcelas de evaluación (Cuadro 1). Asimismo, se realizó una revisión de la información existente sobre el sistema de riego *K'aspicancha Kewiña Jara* (documento de proyecto, tesis, informes, libros de actas). En las parcelas seleccionadas, se realizó el levantamiento topográfico para determinar áreas, pendientes, ubicación del porta aspersor y las curvas de nivel de cada una de ellas. Antes de iniciar la evaluación, se caracterizó el *equipo móvil de riego por aspersión* (marca, modelo, diámetro de boquillas, longitudes y diámetros de mangueras,

tipo de material, etc.). Después, se instaló los pluviómetros en forma de cruz, con una separación entre pluviómetros de 1 o 2 m, dependiendo del diámetro mojado (Figura 1). La metodología utilizada se basa en Delgadillo *et al* (2011).

Un día antes del evento de riego, se midió la humedad volumétrica del suelo y 48 horas después de riego, con un equipo de medición *Theta Probe ML2X*. Asimismo, se hizo un muestreo de suelo de la parcela, en zigzag, correspondiente a la capa de 30 cm. La muestra sirvió para la determinación en laboratorio de la textura, capacidad de campo, punto de marchitez permanente y densidad aparente.

Durante la evaluación, se midió la presión con manómetro y el caudal del aspersor por el método volumétrico, en tres momentos del evento: inicio, medio y final. Paralelamente, se midió la infiltración de agua en el suelo, a través del método de la doble anilla, en un sector de la parcela.

Cuadro 1. Características de las parcelas de evaluación

Parcela	Cultivo*	Dueño parcela	Marca de aspersor utilizado	Diámetro boquilla (medido)	Modificaciones aspersor	Área parcela (m ²)
1	Papa	Pablo Terrazas	Rain Bird 30H	Bp: 5.2 mm Bs: 3.1 mm.	Bp sin ensanchar. Sin alambre.	532.4
2	Sin cultivo	Carlos Terrazas	Rain Bird 30 H	Bp: 5.2 mm Bs: 3.1 mm.	Bp sin ensanchar. Sin alambre.	1044.5
3	Haba	Wider Gonzales	Rain Bird 30 H	Bp: 5.2 mm Bs: 3.1 mm.	Bp sin ensanchar. Con alambre Bp.	4165.3
4	Trébol	Nicasio Zegarra	Senninger Xcel Wobbler	Boquilla # 14 de 5.56 mm	Bp sin ensanchar. Sin alambre.	674.6
5	Papa	Nicasio Zegarra	Senninger Xcel Wobbler	Boquilla # 10 modificado	Bp ensanchado. Sin alambre.	972.7
6	Papa	Angel Soto	Senninger Xcel Wobbler	Sin boquilla	Bp extraído. Sin alambre.	987.1

*Estadio inicial

Bp: Boquilla principal

Bs: Boquilla secundaria



Figura 1. Ubicación de los pluviómetros en torno al equipo móvil de riego

Una vez terminado el tiempo de la evaluación, se prosiguió con la medición de los volúmenes recogidos por los pluviómetros, con ayuda de una probeta graduada. Los datos recolectados se procesaron en el programa CATCH 3D[®] para generar los datos intermedios por interpolación y tener la retícula de datos del aspersor.

Para determinar las láminas infiltradas con el riego, se realizaron traslapes matemáticos, tomando en cuenta las diferentes posiciones de los aspersores en toda la

parcela, utilizando para cada posición la pluviometría del o los aspersores evaluados, considerando los tiempos de riego por posición.

Las fórmulas utilizadas para determinar la *Uniformidad de Riego* (UD), la *Eficiencia de Aplicación* (EA) y la *Eficiencia de Almacenamiento* (ES), se detallan en el Cuadro 2. Para la dirección y velocidad del viento, se utilizó los datos de la estación meteorológica ubicada en la comunidad de *K'aspicancha Alta*.

Cuadro 2. Fórmulas de evaluación utilizadas

Nombre de la fórmula: Uniformidad de Distribución (UD) (Merriam y Keller 1978)

$$UD = \frac{\text{Lámina promedio infiltrada o recibida en el cuarto inferior}}{\text{Lámina de agua promedio infiltrada o recibida}} * 100$$

Este parámetro refleja en gran parte el manejo del agua durante la aplicación de agua en la parcela

Nombre de la fórmula: Eficiencia de Aplicación (EA) (Merriam et al. 1983)

$$EA = \frac{\text{Lámina promedio de agua infiltrada y almacenada en CI}}{\text{Lámina promedio de agua aplicada}} * 100$$

Donde el valor de CI es \leq a DHS

Nombre de la fórmula: Eficiencia de Almacenamiento (ES) (Chambouleyron 1993)

$$ES = \frac{\text{Lámina promedio en el cuarto inferior}}{DHS} * 100$$

DHS = Deficiencia de humedad del suelo

Finalmente se realizó entrevistas semi estructuradas a los propietarios de las parcelas evaluadas, considerando los siguientes aspectos: disponibilidad, acceso, tiempo y frecuencia de riego, tipo de cultivo y épocas de siembra, disponibilidad de mano de obra para el riego en la parcela, costo de adquisición y mantenimiento del EMRA, aceptación social del EMRA, modificación en el EMRA, efectos de las características topográficas, suelo y viento en el desarrollo del riego en la parcela.

Resultados y discusión

Para evaluar el desempeño del *Equipo Móvil de Riego por Aspersión* (EMRA), el cual está constituido por una manguera principal de PEAD de 1" (50 a 100 m), un porta aspersor de PVC de 3/4", accesorios y un aspersor (Rain Bird 30H o Senninger Xcel Wobbler) se determinó la *Uniformidad de Distribución, Eficiencia de Aplicación y Eficiencia de Almacenamiento*, en las 6 parcelas seleccionadas.

Uniformidad de distribución (UD)

Para definir el valor de referencia, algunos autores plantean diferentes valores de UD. Así, Gurovich (1985) citado por Jiménez (2003), sostiene que un buen riego por aspersión, tiene una uniformidad de distribución de 85%.

Por su parte, Delgadillo y Jiménez (2004), indican que en condiciones de pendiente, el valor umbral o aceptable de la uniformidad de distribución, es de 60% a 75%.

En este caso, las 6 parcelas evaluadas varían en su pendiente, desde 5.8% a 46.7% (pendiente alta), por lo tanto, se tomó este criterio. En las 6 parcelas evaluadas, la uniformidad de distribución (UD) se encuentra por debajo de los valores de referencia mínimos (Figura 2). La UD varía de 16.9% a 52.8%.

De las tres primeras parcelas evaluadas, en las cuales el riego se aplicó con aspersor Rain Bird 30H de boquilla 5.2 x 3.1 mm, la parcela 1 y 2, presentan mayor UD (52.8% y 52.2%).

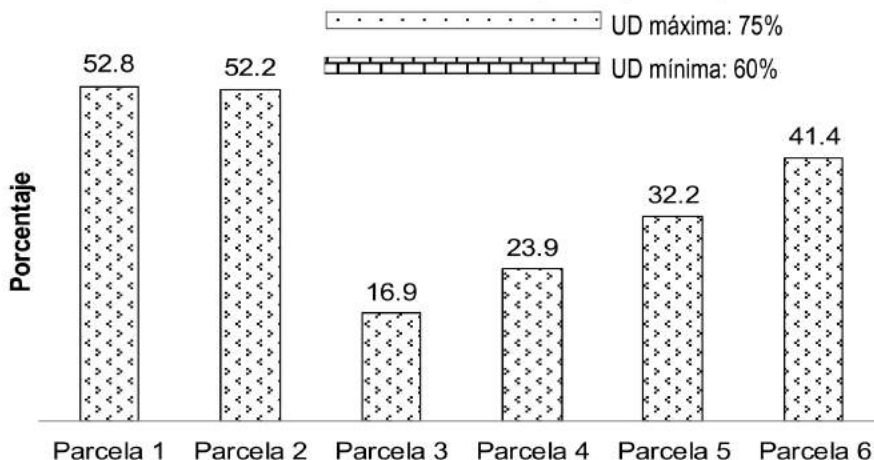


Figura 2. Uniformidad de distribución (UD) en las parcelas evaluadas

En la parcela 3, regada también con Rain Bird 30H, los valores de UD son menores a las parcelas 1 y 2. Las parcelas 1 y 2 se aproximan al valor de referencia mínima de UD del 60%, mientras que la parcela 3 se encuentra muy distante a este valor, con diferencia de 43.1% en UD.

En la Figura 3 se aprecia claramente que en las parcelas 1 y 2, el agua de riego se distribuye de manera más homogénea en relación a la parcela 3, en la cual se observa una mala distribución de agua en diferentes puntos de la misma, existiendo áreas donde el agua no llega a cubrir y otras áreas con mayor concentración de agua.

Esta situación se debe a que en las dos primeras parcelas, el aspersor riega sin ninguna modificación en las boquillas principales y secundarias, mientras en la parcela 3 se adaptó un alambre a la boquilla principal, el cual rompe la estructura del chorro de agua que expulsa el aspersor. Asimismo, se explica por la mala ubicación del porta aspersor en las diferentes posiciones de riego. En las parcelas 4, 5 y 6, en las cuales se riega con el aspersor Senninger Xcel Wobbler, la UD

varía de 23.9% a 41.4% (Figura 4). Cabe resaltar que el aspersor de boquilla de color azul que no tiene ninguna modificación, refleja menor uniformidad de riego (UD de 16.9 %) en comparación al aspersor que funciona con la boquilla de color turquesa, la misma es modificada (ampliado en su diámetro de la boquilla con clavo u otro material) que presenta una UD de 32.2% y al aspersor que riega sin boquilla (UD de 41.4%).

Esta situación, muestra que el aspersor sin ninguna modificación en la boquilla, no riega según su presión y caudal de trabajo, porque durante la evaluación había mayor presión y caudal en el hidrante que la requerida, pero los aspersores modificados en su diámetro, casi se adaptan a esta oferta de presión y caudal, porque aumentan el caudal de descarga de agua y para su funcionamiento requiere mayor presión. La Figura 4 refleja que el comportamiento de agua en la parcela 6, es más homogéneo en relación a las parcelas 4 y 5, en las cuales existen áreas con mayor concentración de agua, así como áreas donde el agua de riego no llega, resultando en una menor uniformidad de riego.


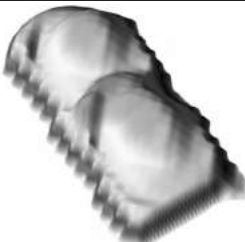
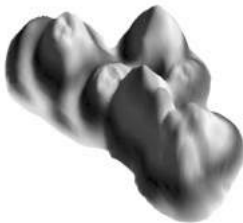
Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3
		
Aspersor Rain Bird 30 H (boquilla 5.2 x 3.1 mm) Lámina infiltrada prom. (mm) = 31.2 Lámina infiltrada prom. en el CI (mm) = 16.5	Aspersor Rain Bird 30 H (boquilla 5.2 x 3.1 mm) Lámina infiltrada prom. (mm) = 13.4 Lámina infiltrada prom. en el CI (mm) = 7	Rain Bird 30 H (boquilla 5.2 x 3.1 mm) (adaptado con alambre a la boquilla principal) Lámina infiltrada prom. (mm) = 37.6 Lámina infiltrada prom. en el CI (mm) = 6.5

Figura 3. Comportamiento de agua de riego en las parcelas con el aspersor Rain Bird 30H



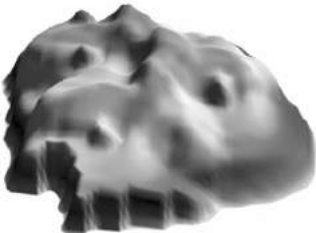
Parcela 4	Parcela 5	Parcela 6
		
Senninger Xcel Wobbler boquilla color azul Lámina infiltrada prom. (mm) = 65.4 Lámina infiltrada prom. en el CI (mm) = 15.7	Senninger Xcel Wobbler boquilla color turquesa (modificado el diámetro de la boquilla) Lámina infiltrada prom. (mm) = 47 Lámina infiltrada prom. en el CI (mm) = 15.1	Senninger Xcel Wobbler sin boquilla Lámina infiltrada prom. (mm) = 47.4 Lámina infiltrada prom. en el CI (mm) = 19.7

Figura 4. Comportamiento de agua con aspersor Senninger Xcel Wobbler

Analizando los resultados de UD de las seis parcelas evaluadas, resaltan los siguientes aspectos:

- ⇒ Ninguno de los riegos evaluados alcanza el umbral mínimo de UD y sugerido por Delgadillo y Jiménez (2004).
- ⇒ La falta de experiencia, en riego por aspersión a nivel de parcela de los regantes del sistema de riego de *K'aspicancha Kewiña Jara*, debido a que éste es recién el tercer año de funcionamiento del sistema, por lo tanto, los usuarios están empezando a dominar la técnica de riego por aspersión.
- ⇒ La dinámica de presión en los hidrantes, cambios en los accesorios, uso de diferentes aspersores y/o marcas, modificaciones en los aspersores, distancia entre aspersores y laterales, y en algunos casos, la falta de traslape, entre otros, afectan también en los resultados alcanzados.
- ⇒ Por el tamaño de las parcelas, éstas son cubiertas con pocas posiciones de riego y en algunos ca-

sos, no se produce el traslape lateral sino solamente traslape entre aspersores.

- ⇒ La falta de capacitación en temáticas de riego parcelario (manejo de presión, caudal, características de riego con el aspersor, etc.), razón por la cual el riego se realiza según criterio del agricultor y la uniformidad de riego es baja.

Eficiencia de aplicación (EA) y almacenamiento (ES)

Según Solomon (1988) citado por Delgadillo *et al.* (2011), la eficiencia de aplicación alcanzable y/o asequible o aceptable, con sistemas de riego por aspersión móviles o portátiles es de 65% a 75%, en su potencial máximo puede alcanzar hasta 75% a 85 %.

Solo se evaluaron cinco parcelas (1, 3, 4, 5 y 6), porque la parcela 2 solamente se regó con fines de preparación de la parcela, en la cual solo se evaluó la uniformidad de riego.

Los valores de eficiencia determinados en las cinco parcelas evaluadas, presentan datos por debajo del valor de referencia, un promedio de EA del aspersor Rain Bird 30H de 17.5% (desde 8.5% a 25.8%) y del aspersor Senninger Xcel Wobbler de 20.9% (desde 14.8% a 25.5%), valores muy bajos y no aceptables (Cuadro 3).

En cuanto a la retención de agua (ES) en la zona radicular, las parcelas 1, 4, 5 y 6

presentan los valores más altos de ES (por encima del 50%), con 81.8%, 71.24%, 75.01% y 68.1%, respectivamente. Sin embargo, en la parcela 3 (19.4%), la reposición ha sido mucho menor.

En gran parte, los valores medidos de EA son explicables por el sobre riego practicado actualmente y los valores de ES, por las bajas uniformidades logradas en las parcelas evaluadas (Figura 5).

Cuadro 3. Eficiencia de Aplicación (EA) y Eficiencia de Almacenamiento (ES) en las parcelas evaluadas

Parcela	Aspersor evaluado	Lam. C.I. (mm)	Lam. API. (mm)	DHS (mm)	EA (%)	ES (%)	Valor de referencia EA (%)
1	Rain Bird 30 H (boquilla 5.2 x 3.1 mm)	16.5	63.9	22.1	25.8	81.8	
3	Rain Bird 30 H (boquilla 5.2 x 3.1 mm) – Adaptado con alambre a la boquilla principal	6.37	75.0	31.5	8.5	19.4	
4	Senninger Xcel Wobbler boquilla color azul	15.7	105.6	34.7	14.8	71.2	
5	Senninger Xcel Wobbler boquilla color turquesa boquilla modificada	15.1	67.8	34.9	22.3	75.01	
6	Senninger Xcel Wobbler sin boquilla	19.6	77.4	36.6	25.5	68.1	

65 a 75

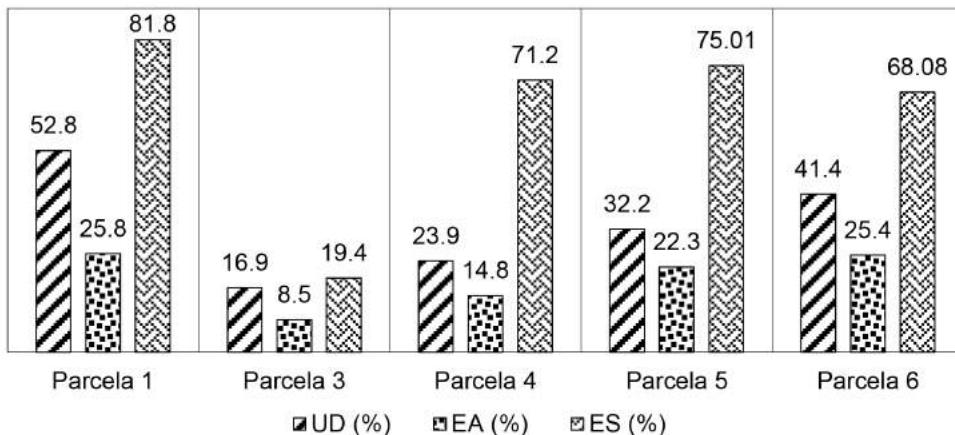


Figura 5. Uniformidad de Distribución (UD), Eficiencia de Aplicación (EA) y Eficiencia de Almacenamiento (ES) en las parcelas evaluadas

Observando la Figura 5, en las parcelas evaluadas la ES no alcanza al 100%, esto se debe que la uniformidad de riego en las parcelas es baja, es decir, en la parcela existen áreas con mayor concentración de agua, como también existen áreas sin agua (áreas secas).

Por su parte, la EA también es baja, porque los cultivos evaluados requieren menor cantidad de agua de la que se ha aplicado.

Analizando los resultados de EA y ES de las cinco parcelas evaluadas, resaltan los siguientes aspectos:

- ⇒ Ninguno de los riegos evaluados alcanza el umbral mínimo de EA sugerido por Solomon (1988) citado por Delgado *et al.* (2011).
- ⇒ Para la aplicación de riego el agricultor no considera el requerimiento de agua del cultivo ni sus fases de crecimiento y desarrollo; riegan en función al tiempo del derecho de agua que tiene el agricultor y la superficie de riego, como indica el Sr. Pablo Terceros: *... tengo derecho de riego de 96 horas, este tiempo de riego debo distribuir a todas mis parcelas cultivadas según superficie (mayor superficie mayor tiempo de riego), pero este tiempo de riego que tengo debo hacer alcanzar a todos mis cultivos ...*
- ⇒ El riego de la parcela depende de la decisión colectiva de todos los usuarios, es decir, para cada largada de la represa debe existir la mayor cantidad de agricultores que quieran regar sus cultivos, si es así, se realiza la largada de la represa, en caso de no existir, no se realiza la largada. Esta situación afecta directamente al desarrollo del cultivo, porque el agua de riego no se aplica en el momento oportuno.

- ⇒ Falta de experiencia de los agricultores en el manejo de agua en la parcela, ya que tienen la lógica de *“mayor cantidad de agua en la parcela existe mayor absorción por la planta o cultivo”*.
- ⇒ Las modificaciones en los aspersores, posiciones de riego, distancia entre aspersores y laterales, y en algunos casos, la falta de traslape, entre otros, afectan al desarrollo adecuado del riego.
- ⇒ Las bajas uniformidades de riego en las cinco parcelas también han influido en los valores de EA y ES, en mayor grado.

Conclusiones

- En las seis parcelas evaluadas, la uniformidad de riego es baja en relación al rango de referencia (UD de 60% a 75%). Las parcelas 1 y 2 son las que más se aproximan con UD de 52.8% y 52.2%; el resto de las parcelas (3, 4, 5 y 6) se encuentran entre 16.9% a 41.4%, siendo valores bajos de uniformidad de distribución, con valores que sugieren ajustes en el EMRA y su configuración dentro la parcela, para incrementar estos valores.
- Los bajos valores de UD se deben, en parte, a la falta de experiencia en riego por aspersión en parcela (tercer año de funcionamiento), a los cambios de presión en los hidrantes por el reparto de agua, uso de diferentes aspersores y/o marcas, modificaciones en los aspersores, distancias entre aspersores y laterales variables. Asimismo, al ser parcelas pequeñas e irregulares, éstas son cubiertas con pocas posiciones de riego, por tanto, traslapes incompletos. Finalmente, por la falta de capacitación en riego parcelario (ma-

nejo de presión y caudal, principalmente), el riego se realiza según los criterios de los agricultores.

- La *Eficiencia de Aplicación* también es baja, con relación al rango aceptable de 65% a 75%. Con el aspersor Rain Bird 30H, oscila entre 8.5% a 25.8% y con el aspersor Senninger Xcel Wobbler, entre 14.8% a 25.4%; las mismas se consideran valores muy bajos. Por su parte, la *Eficiencia de Almacenamiento* (ES) no alcanza al 100%. Esta situación muestra que a nivel parcela, existe sobre riego pero también riego desuniforme ya que existen áreas con mayor concentración de agua y áreas secas de la parcela.
- Los valores bajos de EA, se deben a que el agricultor no diferencia claramente el requerimiento de agua del cultivo según sus fases de crecimiento, siendo el riego más función del tiempo de turno y la superficie de riego. Otro elemento que afecta es la decisión colectiva para la frecuencia de riego, que incide directamente al desarrollo del cultivo, porque el agua de riego no se aplica en el momento oportuno. Las modificaciones en los aspersores, posiciones de riego, distancia entre aspersores y laterales, y en algunos casos, la falta de traslape, entre otros, afectan al desarrollo adecuado del riego. Finalmente, las bajas uniformidades de riego en las cinco parcelas también han influido en los valores de EA y ES.

Referencias citadas

- Chambouleyron J. 1993. Diseño y evaluación del riego presurizado. Mendoza. Instituto Nacional de Ciencia y Técnicas Hídricas (INCYTH). Mendoza, Argentina. 121 p.
- Delgadillo O., Jimenez J., Rojas, C. 2011. Evaluación del riego por aspersión en parcela - Apuntes metodológicos a partir de la práctica. Centro AGUA - UMSS. Cochabamba, Bolivia. 39 p.
- Delgadillo. O., Jiménez P. 2004. Riego por aspersión en condiciones de ladera: Un caso de innovación tecnológica de riego en la Microcuenca de *Mishka Mayu* (Cochabamba). **En:** Compendio de tecnologías locales para el aprovechamiento y manejo de suelos, agua y cobertura vegetal. MACA-VDR, JICA, Dirección de Riego y Conservación de Suelos y Agua. La Paz, Bolivia. p. 97-123.
- Jiménez J. 2003. Eficiencia de riego por aspersión en condiciones de ladera en la parte baja de la microcuenca de *Mishka Mayu*. Tesis de grado. FCAYP-UMSS. Cochabamba, Bolivia. 93 p.
- Merriam J., Shriner M., Burt C. 1983. Evaluating irrigation systems and practices. **In:** Jensen M. 1983. Design and operation of farm irrigation systems. The American Society of Agricultural Engineers. St. Joseph, Michigan, USA. p. 721-760.
- Merriam J., Keller J. 1978. Farm irrigation systems evaluation. A guide for management. 3rd edition. Agricultural and Irrigation Engineering Department. Utah State University. Logan, USA. 235 p.
- van Bezu K. 2016. Technology Empowers: The social (re)construction of the sprinkler irrigation system *K'aspicancha*, Bolivia. M.Sc. Thesis by Wageningen University and Research. Water Resources Management Group. The Netherlands. 91 p.

Trabajo recibido el 17 de octubre de 2019 - Trabajo aceptado el 26 de octubre de 2019