

Innovación y adopción de tecnologías de uso eficiente de agua:

El caso del riego presurizado en el municipio de Cliza

Rígel Rocha

Centro AGUA (FCAYP - UMSS)

E mail: rigel.rocha@umss.edu.bo

Resumen. El artículo analiza el proceso de innovación tecnológica en riego desarrollado en el municipio de Cliza, como respuesta a la sobre explotación de las aguas subterráneas. A partir del diagnóstico de 17 sistemas de riego intervenidos y la realización de entrevistas a agricultores, se analiza el grado de adopción del riego presurizado y los factores que limitaron su adopción. Los agricultores adoptaron parcialmente el riego presurizado. Si bien los agricultores utilizan la nueva infraestructura hidráulica para conducir y distribuir el agua hasta las cámaras de distribución, a nivel parcelario no adoptaron el método de riego por aspersión y continuaron regando por superficie. Se identificaron cuatro factores principales que limitaron la adopción del riego por aspersión en los sistemas de riego intervenidos: distribución de agua, costo de adquisición del equipo, operación y manejo de la infraestructura y la infiltración de agua en el suelo. Se concluye que los procesos de intervención para la innovación tecnológica en riego, no deben centrarse en la infraestructura hidráulica como fin, y deben poner especial atención al proceso de adopción de la tecnología por parte de los agricultores, brindando el soporte técnico requerido de manera oportuna.

Palabras clave: Riego por aspersión; Aguas subterráneas; Infraestructura hidráulica.

Summary. Innovation and adoption of efficient water use technologies: The case of pressurized irrigation in the municipality of Cliza. The article analyzes the process of technological innovation in irrigation developed in the municipality of Cliza, in response to the over-exploitation of groundwater. Based on the diagnosis of 17 improved irrigation systems and interviews with farmers, the degree of adoption of pressurized irrigation and the factors that limited its adoption are analyzed. Farmers partially adopted pressurized irrigation. Although farmers use the new hydraulic infrastructure to conduct and distribute water to the distribution chambers, at the field level they didn't adopt the sprinkler irrigation method and continued to irrigate by surface. Four main factors were identified that limited the adoption of sprinkler irrigation in the improved irrigation systems: water distribution, equipment acquisition costs, operation and management of the infrastructure, and water infiltration into the soil. It is concluded that, the intervention processes for technological innovation in irrigation shouldn't focus on hydraulic infrastructure as an end; and they should pay special attention to the process of technology adoption by farmers, providing the required technical support at the proper time.

Keywords: Sprinkler irrigation; Groundwater; Hydraulic infrastructure.

Introducción

Muchas de las zonas agrícolas más productivas del Mundo, dependen del agua subterránea, experimentando en los últimos años, producto de la sobre explotación, el descenso de los niveles freáticos (Molden 2007, Pfeiffer & Lin 2014), lo cual pone en riesgo los medios de vida de la población.

En respuesta, los gobiernos nacionales se han propuesto disminuir la presión sobre el agua subterránea, promoviendo nuevas tecnologías de uso más eficiente de agua, orientadas a reducir el consumo de agua para riego. Entre otras, la construcción de sistemas de riego presurizado y la introducción de métodos de riego por aspersión y goteo, constituyen las innovaciones tecnológicas preferidas para incrementar la eficiencia del riego.

Pese a que existe un consenso generalizado en la sociedad para promover la conversión a sistemas y métodos de riego más eficientes (Evans & Sadler 2008, Jury & Vaux 2005, Lenton 1995), en los últimos años se han registrado problemas en la adopción de estas tecnologías por parte de los agricultores, originando dudas sobre su efectividad en la reducción del consumo de agua de riego (Anten 2001, Bjornlund *et al.* 2009, Levidow *et al.* 2014, Wang *et al.* 2015).

La tecnología, en su sentido más amplio, se define como la *capacidad de transformar bienes en cosas deseadas* (Vincent 2001), reduciendo la incertidumbre en el proceso de transformación o el logro del resultado deseado (Rogers, 1983).

En el caso específico del riego, la tecnología es estudiada considerando su rol mediador y transformador en la relación

sociedad y naturaleza-agua (Benton 1992, Mollinga 2003, Vincent, 1997).

En este sentido, el riego presurizado constituye una *innovación tecnológica* que busca transformar la práctica tradicional de producción agrícola bajo riego, logrando un uso más eficiente y productivo del agua.

Sin embargo, la introducción del riego presurizado, implica para el agricultor, tanto una oportunidad, como una incertidumbre para el mejoramiento de su práctica de riego. Al respecto, es importante considerar que la tecnología implica, además del artefacto o hardware utilizado para el proceso de transformación, el conocimiento y las habilidades (software) que se necesitan en el proceso de transformación (Rogers 1983). Levidow *et al.* (2014) sostiene que la aplicación incorrecta de una tecnología moderna de riego, puede ser tan o más derrochadora e improductiva como los sistemas tradicionales que se intentan transformar. En consecuencia, queda claro que un proceso de innovación tecnológica, como es el caso del riego por aspersión, no se reduce simplemente al diseño y construcción de la infraestructura hidráulica y los implementos requeridos (entendidos como hardware), sino que incluye además el desarrollo y establecimiento de conocimientos y habilidades locales para su uso adecuado.

El proceso de innovación tecnológica puede conducir a la adopción, la decisión de hacer uso de la innovación como el mejor curso de acción disponible, o a la no-adopción, la decisión de rechazar la innovación (Rogers 1983). Wilkinson (2011) discute esta dicotomía, que considera a la adopción como un evento discreto, e indica que la adopción de una tecnología no puede ser concebida como

un simple evento, sino más bien debe ser entendida como un proceso de descubrimiento, decisión y acción, a través del cual un individuo incorpora en su práctica cotidiana una nueva tecnología. En este sentido, la adopción de una tecnología es un proceso continuo y complejo, y comprende principalmente dos dimensiones: el proceso de conocer y entender la tecnología, a partir del cual se decide adoptar o no adoptar y el grado en que la nueva tecnología se utiliza, una vez que ha sido adoptada.

En este sentido, Wilkinson (2011), plantea tres grados de adopción a ser considerados:

(a) adopción parcial, cuando una tecnología es adoptada parcialmente (diferentes grados) por diferentes agricultores o en diferentes contextos

(b) adopción gradual, cuando un agricultor incrementa el alcance del uso o la intensidad de uso de la nueva tecnología en su propiedad

(c) adopción por etapas, cuando un conjunto de tecnologías relacionadas (paquete tecnológico), son adoptadas en etapas, en lugar de hacerlo todo a la vez.

Además, es importante considerar la posibilidad de que la tecnología pueda haber sido adaptada a las condiciones locales, por lo que en la práctica el agricultor puede haber introducido variaciones en la tecnología introducida.

Los grados de adopción de innovaciones tecnológicas en riego, tienden a ser muy variables y dependen de diferentes factores. Bjornlund *et al.* (2009) señala que los principales factores que impiden la adopción de tecnologías para el mejoramiento de la eficiencia del riego, son las limita-

ciones financieras de los agricultores y las condiciones físicas de las tierras agrícolas.

Por su parte, Levidow *et al.* (2014) menciona que una de las mayores limitantes para la adopción, está relacionada con el hecho que los agricultores no perciben los beneficios (financieros) relacionados con la aplicación de la nueva tecnología. Es importante considerar que los agricultores buscan principalmente maximizar el ingreso neto familiar de la producción agropecuaria en su conjunto, en lugar de solamente la productividad del agua.

El artículo analiza el caso del proceso de innovación y adopción tecnológica en riego desarrollado en el municipio de Cliza. A raíz de la sobre explotación de las aguas subterráneas en este municipio, el Gobierno Autónomo Municipal (GAM Cliza) promovió el mejoramiento de la eficiencia del uso del agua de riego, con el propósito de quitar presión sobre las fuentes de agua subterránea. En este sentido, se propuso la modernización de los sistemas tradicionales de riego con aguas subterráneas (conducción por canal abierto y riego por gravedad), hacia sistemas de riego presurizado (conducción por tubería y riego por aspersión). Es así que, entre los años 2014-2016 se diseñaron y construyeron 17 sistemas de riego presurizado. Pese a contar con un periodo de asistencia técnica, actualmente surgen dudas sobre la efectividad de las acciones en el logro del cambio tecnológico propuesto.

En este sentido, sobre la base del diagnóstico de los sistemas de riego intervenidos y la realización de entrevistas a agricultores, el artículo analiza el grado de adopción del riego por aspersión y los factores que limitaron el proceso de adopción.

Materiales y métodos

El municipio de Cliza está ubicado en la provincia Germán Jordán, en la zona central de la sub-región del Valle Alto del departamento de Cochabamba. Comprende una extensión de 68.15 km² y tiene una altitud media de 2722 msnm. El centro poblado del municipio de Cliza se localiza a 37 km de la ciudad de Cochabamba (GAM Cliza 2016). De acuerdo a datos de la estación climatológica San Benito, el municipio tiene un clima semi árido, con una precipitación media de 400 mm/año y una temperatura media de 15°C. La época de lluvias abarca de noviembre a marzo y la época seca de abril a octubre.

La producción agropecuaria es la principal actividad económica de la población, por lo que el 77% de la superficie está destinada a este fin (GAM Cliza 2016). El cultivo principal es el maíz, seguido de papa, haba y frutales (durazno y manzana). Considerando la escasa y variable precipitación pluvial, la producción agrícola depende del agua de riego, siendo el agua subterránea la fuente más importante, debido a su disponibilidad casi constante a lo largo del año. En este sentido, los agricultores de la zona se organizaron en el marco de sus comunidades para perforar pozos de agua para riego, asumiendo los costos de la perforación y funcionamiento del pozo.

El aporte realizado por un agricultor en la perforación de un pozo, le da derecho a acceder a un tiempo determinado de riego por mes, además de participar en la toma de decisiones del sistema. Hasta antes de la intervención, el agua de riego se conducía y distribuía por canales de tierra, y se aplicaba al suelo por superficie (surcos, melgas e inundación).

El estudio comprende 17 sistemas de riego con agua subterránea, localizados en el municipio de Cliza, los cuales fueron intervenidos para modernizarlos y transformarlos en sistemas de riego presurizado (conducción por tubería y riego por aspersión). La Figura 1 muestra la ubicación de los 17 pozos intervenidos e incluidos en el proceso de innovación tecnológica.

El estudio se realizó entre agosto y diciembre de 2017 de manera intensiva, con visitas complementarias de seguimiento que se extendieron hasta diciembre de 2018. La metodología de investigación comprendió tres etapas de trabajo.

La primera etapa, se enfocó en la recolección de la información disponible y la socialización del estudio en el municipio, logrando recopilar los documentos del proyecto y establecer acuerdos para la realización del estudio a nivel del municipio y los 17 sistemas de riego en cuestión.

La segunda etapa consistió en el diagnóstico del estado actual de los 17 sistemas de riego. A partir de recorridos de campo conjuntos con los dirigentes de cada sistema, se realizó el levantamiento de información sobre la infraestructura hidráulica, la gestión y uso de agua actual en cada sistema de riego. Asimismo, se realizó entrevistas a los dirigentes de cada sistema sobre el proceso de innovación tecnológica desarrollado, poniendo especial énfasis en las actividades de asistencia técnica. En la tercera etapa del estudio, se realizaron entrevistas a regantes en cada sistema de riego, indagando sobre la situación actual del proceso de adopción tecnológica, y las razones o factores que motivaron tal situación.

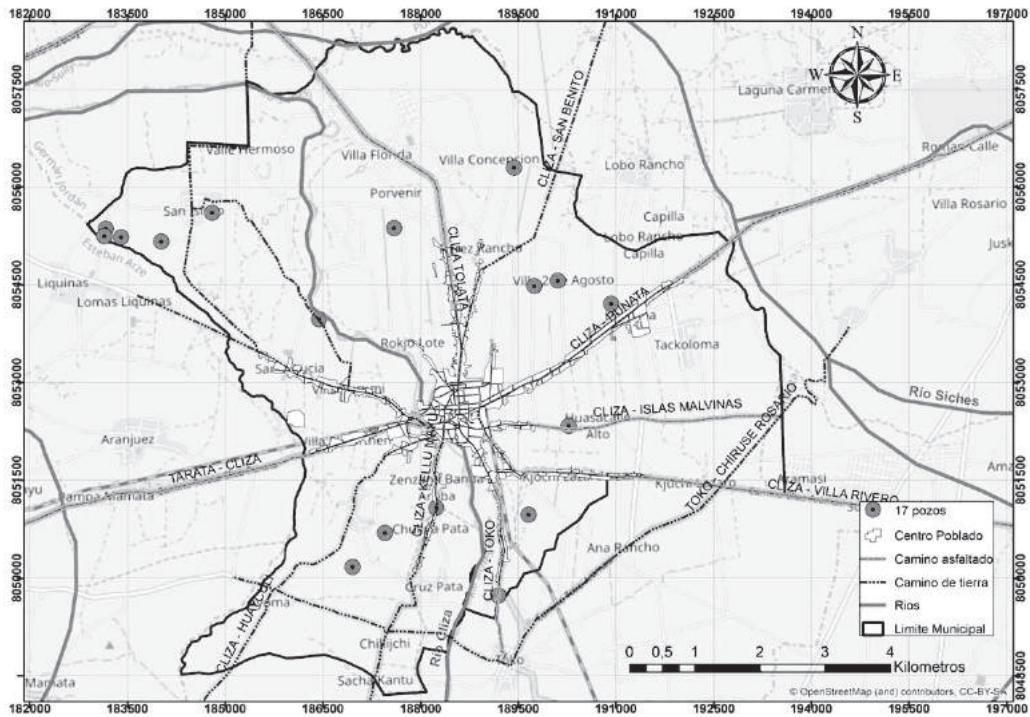


Figura 1. Ubicación de los pozos de los sistemas de riego intervenidos en el municipio de Cliza

Resultados y discusión

La innovación tecnológica en riego en el municipio de Cliza

El aprovechamiento para riego de las aguas subterráneas en el municipio de Cliza, se ha intensificado en los últimos años. De acuerdo a datos de Mayta (2017), en el periodo 1974-1999, se perforaron 28 pozos en los municipios de Cliza y Toco; mientras que en el periodo 2000-2016 se perforaron 151 nuevos pozos, llegando a registrar una extracción total de agua subterránea de 15.1 millones de m³/año. Esta creciente explotación de aguas subterráneas ha ocasionado que la extracción de aguas subterránea sobrepase a la recarga, resultando en el consiguiente descenso del nivel freático.

En el periodo 1985-2000, se ha experimentado un descenso de 3 m, mientras que en el periodo 2000-2016, el nivel freático ha descendido hasta 14 m, llegando a registrar tasas de descenso entre 0.5 a 1.1 m/año (Mayta 2017). Lo anterior ha resultado en el descenso de los caudales de producción de los pozos y el incremento paulatino de las profundidades de perforación, poniendo en riesgo la disponibilidad de la principal fuente de agua para riego en el municipio de Cliza.

A raíz del continuo descenso del nivel freático en el municipio de Cliza, el Gobierno Autónomo Municipal, optó por promover la modernización de los sistemas tradicionales de riego con aguas subterráneas (conducción por canal abierto y riego por gravedad), hacia sistemas de riego presurizado (conducción por tubería y riego por aspersión). Es así que

el año 2014, respondiendo la demanda de los agricultores, se financió con recursos propios del municipio, el diseño de un paquete de 15 sistemas de riego presurizado. Los diseñadores asumieron que las características y las condiciones en los 15 sistemas de riego son similares, por lo que propusieron el mismo esquema de diseño para todos los sistemas. De acuerdo al Estudio Técnico Económico y Social (TESA) del proyecto (GAM Cliza, 2014), el esquema de diseño comprendió los siguientes componentes:

- i. Tanque elevado: con capacidad de 11 m³, cuyo propósito es proporcionar presión de carga para el funcionamiento de aspersores.
- ii. Bomba de presurización: con capacidad para proporcionar una presión de hasta 50 mca, y posibilitar que el agua llegue a toda el área de riego.
- iii. Tubería de conducción: material de PVC C-6 (4-6" diámetro).
- iv. Tubería de distribución: material de PVC C-6 (4" diámetro).
- v. Cámaras de distribución e hidrantes: estructura mixta que permite el riego por superficie y aspersión.

Con respecto al diseño, es importante remarcar dos aspectos importantes en relación con el proceso de innovación tecnológica promovido. Primeramente, el diseño del proyecto se limitó a la infraestructura a nivel del sistema, dejando el nivel parcelario bajo la responsabilidad de los agricultores, quienes asumieron la responsabilidad de adquirir e instalar los equipos de riego por aspersión en sus parcelas. El segundo aspecto, es el hecho que a requerimiento de los agricultores se diseñaron cámaras de distribución mixtas, las cuales además de tener un hidran-

te para el riego por aspersión, están provistas de una salida extra para el riego por superficie, lo cual demuestra que los agricultores no estaban del todo convencidos de cambiar radicalmente el método de riego, y dejar de lado totalmente el riego por superficie.

Sobre la base del proyecto de diseño, el año 2016 se realizó la construcción de los sistemas de riego presurizado con el apoyo del Fondo Productivo y Social (FPS). Posteriormente, con el propósito de garantizar el correcto funcionamiento de los nuevos sistemas de riego presurizado construidos, de diciembre/2016 a diciembre/2017, se ejecutó la asistencia técnica en la etapa de funcionamiento con el apoyo de la *Unidad de Coordinación y Ejecución del Programa (UCEP) MI Riego*. Cabe mencionar, que en la etapa de asistencia técnica se incluyeron dos nuevos sistemas haciendo un total de 17 sistemas de riego presurizado, a partir de la inclusión de un nuevo sistema (Banda Arriba) y la división del sistema Tujlu Rancho 1 (Tujlu Rancho 1 y Tujlu Rancho 1-A).

Al igual que en la etapa de diseño, la asistencia técnica se realizó considerando un "paquete" de 17 sistemas, por lo que gran parte de las actividades de asistencia técnica se realizaron en conjunto, ignorando las particularidades de cada sistema y de los regantes individuales. De acuerdo al informe de asistencia técnica, las actividades se centraron en el fortalecimiento de la organización de regantes para la auto gestión de los nuevos sistemas de riego presurizado, incluyendo la elaboración de guías de operación y mantenimiento de la nueva infraestructura hidráulica construida. En cuanto a la distribución de agua se refiere, no se incluyeron cambios y se continuó con la modalidad establecida en los sistemas de

riego tradicionales de riego por superficie. Esto se debió principalmente a que en este periodo, los regantes continuaron regando por superficie, optando por mantener la modalidad de distribución de riego tradicional.

En cuanto al mejoramiento del riego parcelario y la introducción de los métodos de riego presurizado se refiere, las actividades de asistencia técnica se limitaron a la realización de eventos de capacitación, instalación de parcelas demostrativas y visitas de intercambio de experiencias en sistemas de riego en funcionamiento. Gran parte de los agricultores participaron en las actividades de asistencia técnica, lo cual les permitió conocer de manera general los nuevos métodos de riego: aspersión y goteo. En este sentido, los agricultores mostraron su preferencia por el riego por aspersión, por considerarlo como el método más adecuado para sus sistemas productivos.

Diagnóstico de la adopción tecnológica del riego presurizado

Los nuevos sistemas de riego presurizado entraron en funcionamiento a fines del año 2016, casi de manera simultánea con el inicio del servicio de asistencia técnica. Con el apoyo del asistente técnico, los agricultores de los 17 sistemas de riego intervenidos empezaron a utilizar gradualmente la nueva infraestructura hidráulica para conducir y distribuir el agua hasta las cámaras de distribución. Sin embargo, considerando que no contaban aún con los equipos de riego a nivel parcelario, continuaron regando por superficie. En este sentido, de acuerdo a la clasificación de Wilkinson (2011), el proceso de innovación tecnológica en riego en Cliza se encuentra en grado de “adopción parcial”. Los agricultores adoptaron parte de la innovación, de manera diferenciada

entre agricultores y sistemas de acuerdo a sus contextos específicos. El avance del proceso de adopción tecnológica se diferencia a nivel del sistema y a nivel parcelario.

a) Adopción a nivel del sistema de riego

A nivel del sistema de riego (fuente de agua hasta las cámaras de distribución), la infraestructura de riego presurizado fue adoptada en los 17 sistemas de riego intervenidos. El Cuadro 1 muestra las características principales de los sistemas de riego diagnosticados. El agua de riego se almacena, conduce y distribuye a través de la nueva infraestructura hidráulica construida. Sin embargo, considerando que aún no se aplica el riego por aspersión en parcela, los agricultores no tienen la necesidad de utilizar la bomba de presurización, ya que con el tanque elevado se tiene la presión suficiente para impulsar el agua a todo el área de riego.

La infraestructura hidráulica construida tiene las mismas características en todos los sistemas. Actualmente la gestión de los sistemas de riego está ajustada de acuerdo a los requerimientos del riego por superficie. El caudal de los pozos varía de 3 a 14 l/s, aunque la mayoría (12 pozos) opera con caudales reducidos de 3 a 6 l/s, determinando que las asignaciones mensuales (derechos) de agua alcanzan hasta 20 h/mes (10-20 h/mes), dependiendo además del número de usuarios de cada sistema. En consecuencia, el agua se distribuye por turnos, en la modalidad de mono flujo, con entregas de 4-12 horas, e intervalos de 10-15 días. Cabe remarcar que una posible adopción del riego por aspersión (o goteo) requerirá el cambio y ajuste de la gestión actual del sistema de riego, principalmente de la distribución de agua.

Cuadro 1. Características de los sistemas de riego en el municipio de Cliza

Nro.	Sistema de riego	Pozo			Nro. de usuarios	Derecho de agua (h/mes)	Nro. de hidrantes	Área bajo riego (ha)
		P (m)	C (l/s)	O (h/día)				
1	Banda Arriba	65	14	20	38	10	21	40
2	Flores Rancho	70	13	21	73	15	17	32
3	Huasa Calle	70	4	18	20	20	15	14
4	Khochi Lazaro	67,5	12	22	53	12	17	50
5	Porvenir	51	4	20	30	15	18	20
6	Poza Rancho	65	4	20	21	20	30	34
7	Ragaypata Chullpas	68	5	21	39	18	31	26
8	San Isidro	30	6	24	80	12	15	51
9	Santa Lucía	82	3,5	21	36	18	23	44
10	Tercer Suyu	53	4	18	39	15	23	31
11	Tujlu Rancho 1	28	3,5	24	40	15	23	62
12	Tujlu Rancho 1-A	29	3,5	18	25	15	12	20
13	Tujlu Rancho 2	28	3	20	21	18	13	32
14	Villa 2 de Agosto	65	8	21	40	12	29	37
15	Villa Barrientos	66,5	4	20	40	15	19	25
16	Villa Concepción	40	3,5	24	32	15	16	40
17	Villa Rosario	42	3,5	18	22	20	19	32

P: Profundidad / C: Caudal / O: Operación

b) Adopción a nivel parcelario

A nivel parcelario, salvo contadas excepciones, los agricultores no adoptaron el riego presurizado y continuaron regando por superficie. Pese al compromiso asumido en el proceso de diseño del proyecto, los agricultores optaron por no adquirir los equipos de riego por aspersión y continuaron regando por superficie. Sin embargo, hasta fines del año 2017, un total de 12 agricultores del sistema de riego Flores Rancho, adquirieron créditos bancarios y compraron equipos de riego por aspersión para sus parcelas. Sin embargo, solo cinco agricultores lograron instalar los equipos en sus parcelas y empezaron a regar por aspersión. Los siete agricultores restantes, pese a tener los equipos adquiridos, no los instalaron en sus parcelas debido a dificultades en el armado y manejo del equipo.

Asimismo, con el apoyo del asistente técnico del proyecto, se instalaron parcelas demostrativas en cuatro sistemas de riego: riego por aspersión en los sistemas Porvenir, Villa 2 de Agosto y Villa Concepción; y riego por goteo en Huasacalle.

Una vez concluido el servicio de asistencia técnica, los equipos se quedaron a cargo de las asociaciones de riego, con la idea que luego puedan ser utilizados por los socios de manera rotativa (equipos de aspersión). En la práctica, en el caso de los equipos de riego por aspersión, esta idea no prosperó debido principalmente a la dificultad del traslado y armado del equipo. Sin embargo, de acuerdo a las versiones de los agricultores, ocasionalmente algunos socios solicitan el uso del equipo, aunque esto no es frecuente. El equipo de riego por goteo dejó de ser utilizado una vez que concluyó la asistencia técnica.

Factores limitantes de la adopción del riego presurizado (aspersión)

La identificación y análisis de los factores limitantes del proceso de adopción tecnológica se focalizó en el nivel parcelario, indagando el por qué los agricultores no aplican el riego por aspersión en sus parcelas, pese a contar con toda la infraestructura hidráulica dispuesta a nivel del sistema. Se identificaron cuatro factores principales que limitaron la adopción del riego presurizado en los sistemas de riego intervenidos: *distribución de agua, costo de adquisición del equipo, operación y manejo de la infraestructura, y la infiltración de agua en el suelo*. La Figura 2 esquematiza el número de sistemas de riego de acuerdo a los factores limitantes identificados, los cuales se describen a continuación.

a) Distribución de agua

En los 17 sistemas de riego, los agricultores mencionaron que la principal limitante para la aplicación del riego por aspersión en sus parcelas, es el desconocimiento y la falta de acuerdos para ajustar la distribución de agua a nivel del sistema de riego. Actualmente, la distribución de agua está ajustada para el riego por su-

perficie, el agua se distribuye por turnos, en mono flujo (3-14 l/s), con entregas de 4-12 horas e intervalos de 10-15 días. El riego por aspersión, por lo general reduce el caudal de riego, por lo que se tendrían que incrementar los tiempos de riego, requiriendo la modificación de prácticamente todas las reglas de distribución de agua. Si bien, este trabajo debería haber sido encarado a través de la asistencia técnica, esto no pudo ser completado, debido a que los agricultores no adquirieron los equipos de aspersión y continuaban regando por superficie.

b) Costo de adquisición del equipo de riego tecnificado

En 14 sistemas de riego, los agricultores identificaron como factor limitante el alto costo de adquisición de los equipos de riego por aspersión. Al respecto es importante resaltar dos aspectos a ser considerados. Mientras que una parte de los usuarios de los sistemas de riego no cuentan con los recursos financieros suficientes como para cubrir los costos de adquisición de los equipos, otra parte de los usuarios, si bien cuentan con los recursos para esta compra, no están seguros aún de que el gasto, valga la pena.

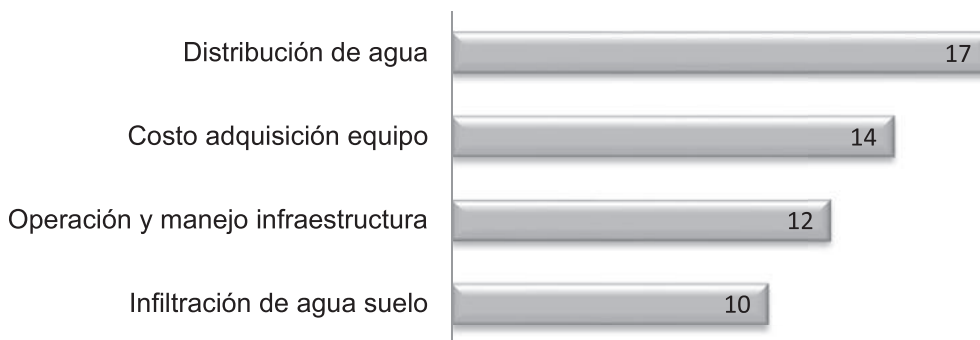


Figura 2. Factores limitantes de la adopción del riego por aspersión en el municipio de Cliza (expresado en número de sistemas)

c) Operación y manejo de la infraestructura hidráulica

En 12 sistemas de riego, los agricultores mencionaron que no adoptaron el riego por aspersión debido al desconocimiento y complejidad de la operación y manejo de la infraestructura de riego, tanto a nivel de sistema como a nivel parcelario. A nivel del sistema de riego, la aplicación del riego por aspersión requiere actividades adicionales de operación de la infraestructura hidráulica para la regulación de la presión y caudal en los hidrantes, como ser el control del nivel del agua en el depósito de almacenamiento, el encendido de la bomba de presurización, y la apertura y cierre de válvulas. A nivel parcelario, se requiere garantizar la aplicación uniforme y eficiente del riego en la parcela, por lo que se requiere diseñar la infraestructura parcelaria (matriz, laterales, tipo de aspersor, distancia y número de aspersores), y las actividades de operación y manejo de acuerdo a las características de cada parcela (tamaño, forma, pendiente, etc.).

d) Infiltración de agua en el suelo

En 10 sistemas de riego, los agricultores identificaron a las condiciones de infiltración de agua en el suelo como un factor limitante para la aplicación del riego por aspersión. Este factor fue identificado en los sistemas de riego localizados al Nor Oeste del municipio, caracterizado por tener suelos de textura pesada, con problemas de compactación, por lo que la infiltración de agua en el suelo es lenta a moderadamente lenta. Los entrevistados indican que al aplicarse el riego por aspersión en estos suelos, se forman costras y el agua tarda en infiltrar y tiende a encharcarse. En este sentido, los agricultores consideran que el riego por superficie es el más adecuado para estos suelos.

Conclusiones

- El proceso de innovación tecnológica en riego en el municipio de Cliza se encuentra en grado de adopción parcial. Los agricultores de los 17 sistemas adoptaron parcialmente la nueva tecnología, de manera diferenciada a nivel del sistema y a nivel parcelario. A nivel del sistema de riego, los agricultores empezaron a utilizar gradualmente la nueva infraestructura hidráulica para conducir y distribuir el agua hasta las cámaras de distribución. Sin embargo, a nivel parcelario, a excepción de cinco agricultores, prácticamente no adoptaron el riego por aspersión y continuaron regando por superficie.
- Se identificaron cuatro factores principales que limitaron la adopción del riego por aspersión en los sistemas de riego intervenidos; por orden de importancia: (i) *desconocimiento y falta de acuerdos para ajustar la distribución de agua a nivel del sistema de riego*, (ii) *elevado costo de adquisición de los equipos de aspersión*, (iii) *complejidad de la operación y manejo de la nueva infraestructura y equipos, a nivel del sistema y a nivel parcelario*, y (iv) *limitaciones de la infiltración de agua en el suelo*. El primer (distribución) y tercer (operación) factor, están directamente relacionados con la gestión del sistema de riego, y ponen de manifiesto que cualquier cambio a nivel parcelario requiere el ajuste de todos los componentes del sistema de riego. El segundo factor (costo equipo) depende de las condiciones y decisión de los agricultores, las cuales son muy heterogéneas y difíciles de predecir. El cuarto factor (infiltración) depende de las condicio-

nes biofísicas de la zona, por lo que se requieren de medidas de manejo específicas para la aplicación del riego presurizado en estas condiciones.

- Los procesos de innovación tecnológica en riego van más allá de los proyectos de riego, por lo que no deben estar exclusivamente enmarcados en estos. En el caso de Cliza, el proceso de adopción del riego por aspersión se encuentra en desarrollo, habiéndose apenas iniciado al concluirse la asistencia técnica. Considerando la complejidad (hidráulica y gestión) de los sistemas de riego presurizado, los agricultores requieren de asistencia técnica continua, orientada a resolver las dificultades específicas en la práctica misma del riego por aspersión en sus parcelas.
- Los procesos de intervención en riego, no deben estar centrados en la infraestructura hidráulica como fin, la construcción de infraestructura de riego presurizado no implica el cambio tecnológico por sí mismo. En este sentido, los procesos de intervención para la innovación tecnológica en riego, deben poner especial atención al proceso de adopción de la tecnología por parte de los agricultores, brindando el soporte técnico requerido de manera oportuna.

Referencias citadas

Anten M. 2001. Development of sprinkler irrigation in mountain environments: Experiences from Northern Peru. SNV. Documento no publicado. 28 p.

Benton T. 1992. Ecology, socialism and the mastery of nature: A reply to Reiner Grundmann. *New Left Review*. 1 (194), 55-74.

Bjornlund H., Nicol L., Klein K. 2009. The adoption of improved irrigation technology and management practices - A study of two irrigation districts in Alberta, Canada. *Agricultural Water Management*. 96 (1), 121-131.

Evans R., Sadler E. 2008. Methods and technologies to improve efficiency of water use. *Water Resources Research*. 44 (7).

GAM Cliza. 2014. Construcción sistema de riego presurizado en 6 distritos en el municipio de Cliza (Estudio TESA). Cochabamba, Bolivia. 81 p.

GAM Cliza. 2016. Plan Territorial de Desarrollo Integral 2016-2020 del Municipio de Cliza. Cochabamba, Bolivia. 377 p.

Jury W., Vaux H. 2005. The role of science in solving the world's emerging water problems. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 102 (44), 15715-15720.

Lenton R. 1995. Institutional, managerial and technological innovation in Latin American irrigation: Relevance to global irrigation improvement. *International Journal of Water Resources Development*. 11 (4), 495-514.

Levidow L., Zaccaria D., Maia R., Vivas E., Todorovic M., Scardigno A. 2014. Improving water-efficient irrigation: Prospects and difficulties of innovative practices. *Agricultural Water Management*. 146, 84-94.

- Mayta A. 2017. Análisis del proceso de sobre explotación del acuífero del río Sichez. Centro AGUA – UMSS. Cochabamba, Bolivia. 17 p.
- Molden D. 2007. Water for food Water for life. Comprehensive assessment of water management in agriculture. London UK: Earthscan and Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute. 624 p.
- Mollinga P. 2003. On the Waterfront: Water distribution, technology and agrarian change in a South Indian canal irrigation system. Orient Longman. New Delhi, India. 460 p.
- Pfeiffer L., Lin C. 2014. Does efficient irrigation technology lead to reduced groundwater extraction? Empirical evidence. *Journal of Environmental Economics and Management*. 67 (2), 189-208.
- Rogers E. 1983. Diffusion of innovations. The Free Press. New York, USA. 453 p.
- Vincent L. 1997. Irrigation as a technology, irrigation as a resource: a sociotechnical approach to irrigation. Wageningen University. Wageningen, The Netherlands. 31 p.
- Vincent L. 2001. Struggles at the social interface: Developing sociotechnical research in irrigation and water management. In: P. Hebinck & G. Verschoor (Eds.): Resonances and dissonances in development: Actors, networks and cultural repertoires (pp. 65-81). Royal Van Gorcum. Assen, The Netherlands.
- Wang T., Park S., Jin H. 2015. Will farmers save water? A theoretical analysis of groundwater conservation policies. *Water Resources and Economics*. 12, 27-39.
- Wilkinson R. 2011. The many meanings of adoption. In: D. Pannell & F. Vanclay (Eds.): Changing land management: Adoption of new practices by rural landholders. CSIRO Publishing. Collingwood, Australia. p. 39-49.

Trabajo recibido el 21 de noviembre de 2019 - Trabajo aceptado el 26 de noviembre de 2019