

# Implicaciones del cambio tecnológico en el diseño de la distribución de agua en sistemas de riego presurizados

Vladimir Cossio; Romer Gambarte

Centro AGUA (FCAYP - UMSS)

*E mail:* vladicossio@gmail.com

**Resumen.** La construcción de sistemas de riego presurizados demanda cambios en la distribución de agua hasta el nivel parcelario. Sin embargo, esto no se toma en cuenta en la forma que se ejecutan proyectos en Bolivia, ya que no se observan diferencias sustanciales en relación con la implementación de sistemas de riego superficiales, lo cual está causando problemas en la utilización de los sistemas presurizados construidos y ha causado el abandono de muchos de estos. A partir del estudio del proceso de diseño de distribución de agua, en el caso del sistema de riego *K'aspicancha*, y la identificación de factores y criterios centrales empleados en este caso, se constataron cambios sustanciales en la lógica de funcionamiento del sistema de riego, que causaron que los usuarios no puedan utilizar la infraestructura inicialmente. Los criterios y factores considerados por los usuarios, demandan una distribución que considere tanto la demanda de los cultivos, como el suministro de la fuente, incluya la expresión de los derechos de agua como criterio central y contemple las necesidades organizativas. Se necesita, además, aplicar un enfoque de “*diseño como proceso*” que demanda mayor interacción entre técnicos y usuarios en la implementación de proyectos de riego.

**Palabras clave:** Derechos de agua; Riego en ladera; Tecnificación del riego; Criterios de diseño; Diseño como proceso.

**Summary: Technological change implications in the design of water distribution in pressurized irrigation systems.** The construction of pressurized irrigation systems demands changes in water distribution up to the plot level. However, this is not considered in the way projects are executed in Bolivia, since there are no substantial differences in relation to the implementation of surface irrigation systems, which is producing problems in the use of the pressurized systems built and has caused the abandonment of many of these. By studying the water distribution design process in the case of *K'aspicancha* irrigation system, while identifying the central factors and criteria used in this case, substantial changes in the operating logic of the irrigation system were observed, which caused that users were not able to use the infrastructure initially. The criteria and factors considered by the users demand a distribution that considers both the demand of the crops, and the supply of the source, including the expression of water rights as a central criterion and observing the organizational needs. It is also necessary to apply an approach that considers the “*design as a process*” which demands greater interaction between technicians and users in the implementation of irrigation projects.

**Keywords:** Water rights; Hillside irrigation; Irrigation technification; Design criteria; Design as a process.

## Introducción

Durante los últimos años, las intervenciones en sistemas de riego en Bolivia, se están enfocando de manera creciente en la construcción de sistemas de riego presurizado, principalmente sistemas de aspersión.

Organizaciones gubernamentales y no gubernamentales promueven el riego tecnificado, por sus características de mayor eficiencia en el uso del agua, en comparación con sistemas de riego superficiales, en un contexto de creciente escasez de agua, acentuado por los efectos del cambio climático global.

Los agricultores de la región andina del país, por su parte, muestran un interés creciente por la potencialidad de esta tecnología para mejorar la aplicación del riego en parcelas ubicadas en laderas con pendientes altas. El riego tecnificado es visto por ellos como una forma de disminuir el riesgo de erosión (Delgadillo y Jimenez 2011; Hoogendam y Rios 2008) disminuyendo además la dificultad de la aplicación del riego en estas condiciones y la cantidad de mano de obra necesaria (Delgadillo y Jimenez 2011).

Por otra parte, la generación de carga de presión por gravedad en este contexto, hace que los sistemas presurizados no impliquen costos energéticos adicionales, como sucede en zonas planas (Delgadillo y Jimenez 2011; Hoogendam y Rios 2008).

La práctica de diseño de sistemas de riego en el país ha sido largamente cuestionada, principalmente en relación con la falta de criterios o enfoques más apropiados para el diseño de la gestión de los sistemas (Arratia *et al.* 1996; Gutiérrez

2006). Este cuestionamiento adquiere mayor preponderancia en relación con el diseño de sistemas de riego tecnificado, los cuales implican un cambio tecnológico grande para los usuarios de riego, en el marco de sistemas de riego colectivos y autogestionarios, en los cuales la mayoría de los usuarios no pueden decidir individualmente sobre turnos y frecuencias (Hoogendam y Rios 2008).

Aunque se reportan experiencias exitosas de la implementación de sistemas tecnificados, como es el caso de *Mishka Mayu* (Jimenez 2003) y *Chullcu Mayu* (Hidalgo 2011), en la mayoría de los casos implementados en el país, los sistemas fueron abandonados después de un periodo relativamente corto de funcionamiento (Hoogendam y Rios 2008). Una de las razones importantes que explican este abandono, está ligada directamente con el diseño de estos sistemas. Los diseños de los sistemas de riego tecnificado suelen ser relativamente simples, restringiéndose principalmente al diseño hidráulico. No existe una práctica de diseño integral que considere factores de organización, reglas de distribución de agua y una selección participativa de los emisores. (Hoogendam y Rios 2008).

Se considera que una mejora en el diseño de la gestión de riego y más específicamente de la distribución de agua, puede contribuir sustancialmente a lograr un mayor impacto de los proyectos de riego tecnificado. Aspectos centrales de la gestión como los derechos de agua y el funcionamiento de la organización, además de la operación de la infraestructura, se ponen de manifiesto de manera concreta en la distribución de agua. En este sentido, se considera que la distribución de agua en un sistema de riego, está comprendida por actividades sociales que organizan los usuarios para el reparto de

agua y el manejo de la infraestructura hidráulica del sistema de riego, las cuales requieren un conjunto de normas, acuerdos y reglas que las regulen, sobre la base de los derechos de agua, y una organización para su funcionamiento (Vega 2002).

En relación con el diseño de la distribución de agua, se debe considerar que el diseño de un sistema de riego es un proceso continuo, es decir que no se circunscribe solamente a la fase de diseño de un proyecto, sino que continúa incluso después de que el ciclo del proyecto ha concluido (Gutierrez 2006; Delgadillo 2016).

Después de que el equipo técnico encargado de ejecutar el proyecto realiza la entrega y éste entra en funcionamiento, los usuarios continúan con el diseño, pues el sistema necesita “asentarse” (Delgadillo 2016) para ser más pertinente a sus necesidades. Así, las evaluaciones de proyectos ejecutados en las zonas de *Chullcu Mayu* y *Mishka Mayu* en la zona andina de las provincias Tiraque y Carrasco, resaltan la participación de los usuarios en la definición de las características de distribución de agua, luego de que estos proyectos fueron concluidos (Hidalgo 2011, Jimenez 2003).

Por otra parte, el cambio de riego superficial a riego presurizado implica cambios en la distribución de agua hasta el nivel parcelario, principalmente en relación con caudales y tiempos de aplicación. Estos suelen ser cambios traumáticos para los sistemas, que además están acompañados de un proceso de adopción tecnológica con una dinámica y necesidades de apoyo propias (Delgadillo 2016). Esto resalta la importancia del proceso de diseño de la distribución de agua en proyectos de riego tecnificado.

Sin embargo, la práctica profesional y los procedimientos que se siguen para la implementación de estos proyectos, parecen no estar considerando estas necesidades ya que son básicamente los mismos que se han ido aplicando para el diseño de sistemas con riego superficial.

En la práctica, los técnicos diseñadores centran sus esfuerzos en el diseño hidráulico y estructural de la infraestructura, dejando en un segundo plano la gestión del futuro sistema. Durante ese proceso, son los técnicos los que toman las decisiones más importantes y los usuarios se constituyen en simples informantes, pues se considera que no están “capacitados” para aportar en el diseño.

En suma, se considera que un sistema de riego tecnificado es el resultado de un proceso de diseño y adopción tecnológica con características particulares, que ha experimentado cambios importantes en su matriz tecnológica asociados al cambio de método de riego, razón por la cual una mayoría de los sistemas intervenidos en Bolivia, cuya particularidad es ser gestionados colectivamente, requieren de atención específica.

En este artículo se reflexiona sobre estos temas a partir de la evaluación del proceso de diseño de distribución de agua del sistema de riego *K'aspicancha-Kewiña Jara*, en el cual se identificaron factores y criterios considerados en el diseño de distribución de agua y se analizó su influencia en este proceso.

De esa manera, a través de este estudio, se pretende contribuir a mejorar la práctica actual de diseño de sistemas de riego presurizado en ladera.

## Materiales y métodos

El sistema de riego *K'aspicancha-Kewiña Jara*, se encuentra en las coordenadas 17°23'54.93" de latitud Sur y 65°42'04.03" de longitud Oeste. Los usuarios del sistema son campesinos quechuas pertenecientes a las comunidades de *K'aspicancha Alta*, *K'aspicancha Baja* y *K'aspicancha*. Las tres comunidades pertenecen al municipio de Tiraque del departamento de Cochabamba, Bolivia. Las comunidades están ubicadas en dos zonas clasificadas como zona de transición, entre cabecera de valle y puna, y zona de puna propiamente, con una altura que va desde 3452 msnm hasta los 4240 msnm (CIDETI 1994).

La zona tiene un clima frío (temperaturas medias de 4.6°C y 13.5°C), con vientos casi todo el año. Su topografía es irregular, con pendientes de 6% a 13% en la parte más baja, que pueden superar el 30% en las zonas más altas. La población de las tres comunidades asciende a 1075 habitantes (Gobierno Municipal de Tiraque 2009-2013).

La principal actividad económica de las familias de la zona es la producción agropecuaria. Los cultivos principales son papa, haba, arveja, cebada y avena, además de cantidades menores de cebolla y tarwi. La cría de ganado vacuno, ovino, caprino y aves de corral, contribuye también a la economía de las familias, aunque en una menor proporción.

La zona cuenta con varias fuentes de agua, entre vertientes, embalses naturales o pequeñas lagunas, ríos circundantes a la zona y pequeñas vertientes familiares.

La fuente principal de agua para riego es el embalse de *K'aspicancha*, cuya capacidad de almacenamiento es de 473.000 m<sup>3</sup> y cuenta con infraestructura para distribuir el agua a las parcelas de los agricultores por el método de aspersión.

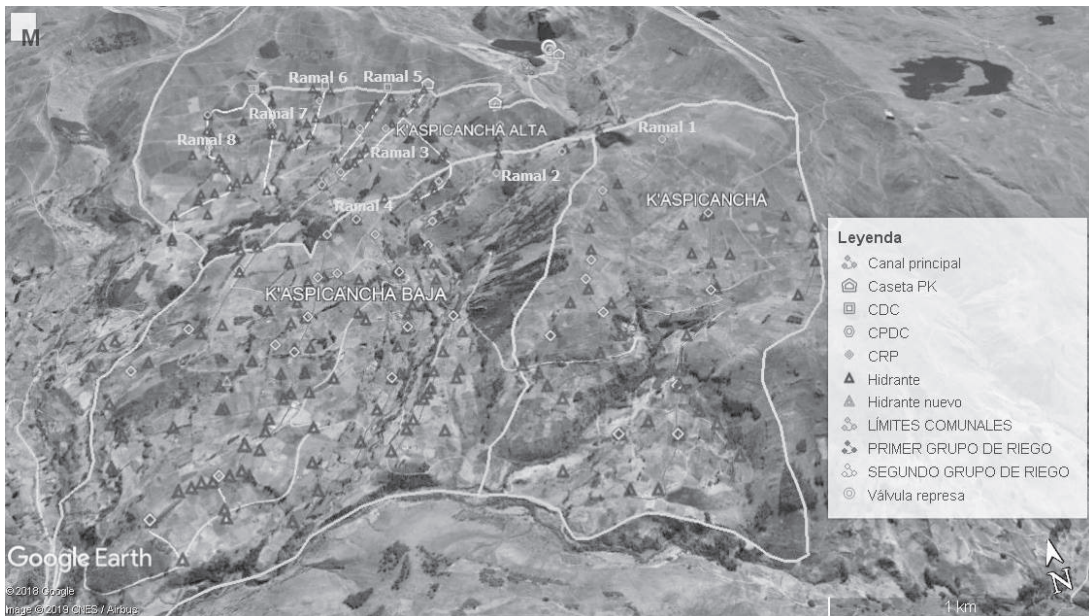
El sistema actual fue construido en dos fases. En la primera fase se construyó la represa como parte del Proyecto *Murumuntani-K'aspichancha* y la segunda fase consistió en la construcción de la infraestructura de distribución: un canal principal abierto y 8 ramales para la distribución de agua de forma presurizada, como parte del proyecto *K'aspicancha-Kewiña Jara*.

La presurización del sistema se produce aprovechando la diferencia de alturas entre las cámaras de carga, conectadas al canal principal, y los hidrantes ubicados a lo largo de cada ramal (Figura 1).

Este artículo reflexiona sobre el proceso de diseño de la distribución de agua en sistemas de riego presurizados, a partir del estudio de caso del sistema de riego *K'aspicancha-Kewiña Jara*.

Las características del enfoque permitieron realizar un análisis profundo y detallado (Verschuren y Doorewaard 2010) de este caso, a partir del cual se identifican y discuten implicaciones para la práctica de diseño de sistemas de riego presurizados.

Los métodos utilizados consistieron en técnicas cuantitativas, como las mediciones directas, y técnicas cualitativas, como las entrevistas, observación y análisis de contenido de documentos.



**Figura 1.** Esquema general del sistema K'aspicancha-Kewiña Jara y comunidades beneficiarias

Como parte del estudio, se realizó una evaluación del funcionamiento del sistema, a través de mediciones directas de caudales y presiones en aspersores en funcionamiento, ubicados en los diferentes ramales y a diferentes alturas.

La medición del caudal se realizó por el método volumétrico, utilizando un guante de látex conectado al aspersor que hizo de embudo para conducir el agua a un recipiente de volumen conocido. Se realizó un total de 20 mediciones de caudal en un evento de riego del sistema.

La medición de las presiones se realizó utilizando un manómetro portátil. Se realizaron 91 mediciones de presión en todo el sistema. La información obtenida a través de mediciones, fue complementada a través de la observación de las características de la infraestructura, de la operación durante el funcionamiento del sistema y de la realización de trabajos de mantenimiento.

Con el objeto de conocer el proceso a través del cual se definieron las características actuales de la distribución de agua, se realizó un total de 20 entrevistas semi estructuradas con dirigentes del sistema, encargados de riego de los ramales y usuarios. Los temas abordados se refirieron a las características de operación de la infraestructura y el reparto de agua, las modificaciones que se realizaron y los aspectos relacionados con la gestión de riego y la lógica productiva que pudieron influir en estas modificaciones.

Finalmente se realizó el análisis de contenido de información secundaria recolectada sobre este caso, como el libro de actas de la asociación de riego, el libro de acuerdos del sistema, libro de actas de algunos ramales y el documento de diseño final del proyecto.

## Resultados y discusión

### ***La implementación del sistema de riego K'aspicancha***

El proyecto de riego por aspersión *K'aspicancha-Kewiña Jara* surge en respuesta a la necesidad de los productores agropecuarios de tres comunidades: *K'aspicancha Alta*, *K'aspicancha Baja* y *K'aspicancha*, de contar con infraestructura de distribución que permita utilizar eficientemente el agua que se almacena en la represa de *K'aspicancha*.

Antes de la construcción del sistema de riego por aspersión, estas comunidades aplicaban agua de riego utilizando métodos de riego superficial. Por consiguiente, la implementación de este proyecto significó un cambio tecnológico importante en la práctica de la agricultura bajo riego en la zona.

La elaboración de este proyecto de riego se hizo de acuerdo con la *Guía de Elaboración de Proyectos de Riego Mayores Vigente en el País* (Ministerio de Medio Ambiente y Agua, 2010).

Durante el diseño, los usuarios participaron principalmente brindando información sobre el área de riego y la ubicación de los hidrantes, además de autorizar el uso de los espacios donde se emplazaría la red. El documento de diseño del proyecto contenía información sobre el reparto de agua y la forma de operación del sistema de forma muy general.

Durante la construcción del sistema, algunas características como la ubicación de hidrantes e inclusive el diámetro de algunos tramos de tubería, fueron modificadas con respecto al diseño aprobado, generando variaciones significativas en

los parámetros hidráulicos de presión y caudal en los hidrantes y aspersores, y en general ocasionando que el funcionamiento del sistema, después de la culminación del proyecto, sea deficiente (Escobar 2015). En un proyecto de riego, el diseño de la infraestructura y el diseño de la distribución de agua, se llevan a cabo de manera casi simultánea. Es decir, cuando se definen las características de la infraestructura de riego se definen y/o se condicionan al mismo tiempo las características de la distribución de agua de un sistema de riego. Por lo tanto, la modificación de las características de la infraestructura durante su construcción, generó una gran incertidumbre con respecto a la operación de la nueva infraestructura y por consiguiente sobre las características de distribución de agua que podrían y deberían aplicarse en el sistema.

Actualmente todos los usuarios del sistema de riego *K'aspicancha-Kewiña Jara*, practican el riego por aspersión, pero esto se logró luego de un largo proceso en el que debieron ajustar y/o definir prácticamente todos los parámetros de la distribución de agua del sistema en forma posterior a la culminación del proyecto. Así, el diseño y la construcción del sistema, fueron solo las primeras etapas del proceso de diseño de distribución de agua de este sistema.

### ***Proceso de aprendizaje de las características de operación del nuevo sistema***

La conclusión de la construcción de la infraestructura del sistema, representó un gran logro para las comunidades beneficiarias. Sin embargo, el trabajo de *Asistencia Técnica Integral* (ATI) realizado como parte del proyecto, no fue suficiente para lograr que los usuarios operen el sistema y se distribuyan adecuadamente el agua.

Una vez que el técnico de ATI abandonó el sistema, los usuarios se vieron solos frente a una infraestructura nueva y con características desconocidas para ellos, y sin haber logrado adquirir las capacidades necesarias para su operación. Sin embargo, los usuarios y la asociación del sistema tenían la determinación de hacer uso de su nuevo sistema, lo cual dio inicio a un proceso de aprendizaje de las características de operación de la nueva infraestructura.

Los usuarios empezaron a realizar tareas de operación y mantenimiento de la infraestructura de acuerdo con su experiencia y conocimiento sobre riego, atravesando dificultades como el rebalse de cámaras acentuadas por el deterioro de algunos componentes de la infraestructura del sistema, como los caudalímetros y rejillas de limpieza. Sin embargo, no solo tuvieron problemas en relación con el funcionamiento de la infraestructura del sistema, sino también en la operación de los *Equipos Móviles de Riego por Aspersión* (EMRA) con los que cuenta cada usuario para el riego de sus parcelas. El porta-aspersor de muchos EMRA armados en parcela, se caía por efecto de la presión, quedando en el suelo por mucho tiempo, desperdiciando el agua y causando que el usuario pierda el tiempo de su turno de riego. En otros casos el mal armado de los EMRA (acople y accesorios) causaba que se produzcan muchas fugas, perdiéndose presión. Los problemas en la operación del sistema y en la aplicación del riego en las parcelas, eran manifestados por los usuarios con descontento en reuniones de la asociación de riego, llegando algunos a afirmar que regaban mejor cuando usaban métodos de riego superficiales. Con la finalidad de evitar mayor malestar entre los usuarios, los dirigentes determinaron autorizar ambos riegos (superficial y aspersión),

para que cada usuario pueda hacer uso pleno del derecho que le corresponde. Es recién en el tercer año de funcionamiento del sistema (2016), que se establece la aplicación obligatoria del riego por aspersión; todos los usuarios debían aprender el manejo de los EMRA.

### ***Crterios y propuestas de distribución de agua***

Desde un inicio, la duración y los intervalos de entrega fueron muy variables, definiéndose de acuerdo con la demanda de agua de los usuarios. En cada evento de riego se soltaba agua de la represa por una o dos semanas continuas, para que todos los usuarios puedan regar el tiempo requerido. Sin embargo, gran parte de los usuarios ubicados en la parte final de los ramales más extensos - ramal 1, ramal 2 y ramal 3 - (ver Figura 1), recibían menos agua en comparación con los demás usuarios, lo cual era reclamado constantemente. Esto se debía a que los diámetros de tubería definidos para la red, no contemplaban el riego simultáneo de todas las parcelas, que era lo que los usuarios del sistema aspiraban realizar (riego libre).

A nivel comunal, se presentaron también problemas similares, provocando reclamos continuos de las comunidades de *K'aspicancha Alta* y *K'aspicancha Baja*. Ambas comunidades indicaban que no podían regar de manera simultánea. Como solución, se determinó que cada comunidad riegue de forma separada, pero el tiempo de riego asignado a cada una debería ser el mismo. Por un tema de equidad, esta regla incluyó también a la tercera comunidad (*K'aspicancha*), aunque la infraestructura que utiliza esta última para conducir el agua desde la represa (Ramal 1), no es compartida con las otras dos comunidades (ver Figura 1).

Al igual que en la práctica convencional de diseño de la distribución de agua, la provisión de agua para los cultivos en forma suficiente es un criterio central para los usuarios de este sistema de riego, que fue expresado a través de su deseo de practicar una distribución de agua basada en el “*riego libre*”. Sin embargo, las limitaciones impuestas por la infraestructura del sistema, causaron que este criterio sea flexibilizado, considerándose una provisión de agua deficitaria (menor a la óptima) pero que asegure una producción aceptable. De esa manera, se ajustaron la duración y los intervalos de entrega en función de priorizar el riego en la época de floración, que es técnicamente la época de mayor demanda de agua de los cultivos anuales, y, de acuerdo con la experiencia de los agricultores, el momento en que un déficit de agua tendría un efecto mayor en el rendimiento del cultivo.

En el cuarto año de funcionamiento del sistema (2017), la asamblea general de la asociación, definió la conformación de grupos de riego para la distribución de agua. Esta situación surgió como una medida para terminar con los reclamos continuos de algunos socios, mejorar el funcionamiento del sistema y terminar con los problemas de operación de la infraestructura. El establecimiento de grupos de riego tomó como base la infraestructura que consta de 8 ramales que separan a los usuarios en un número similar de grupos; los usuarios de cada grupo deben regar juntos. En el ramal más largo (ramal 3) que incluye usuarios de *K'aspicancha Alta* y *K'aspicancha Baja*, se resolvió distribuir el agua considerando además los límites comunales, lo cual permitió manejar grupos de riego más pequeños, además de mejorar el control del riego, por la reducción del número de usuarios que riegan juntos y el

despliegue de mecanismos organizacionales comunales de control utilizados tradicionalmente.

Adicionalmente, los usuarios definieron un tiempo de entrega de cuatro días por usuario, como la forma de poner en práctica el derecho equitativo de los usuarios al agua del sistema, definido como parte de la ejecución del proyecto. Por las grandes variaciones de presión que existen en el sistema, un mismo tiempo de entrega no se traduce en la práctica en un mismo volumen de agua por usuario, como es el caso cuando se utilizan canales abiertos, sin embargo, este es el criterio con el cual los usuarios están de acuerdo. Este criterio fue definido en base a la práctica de distribución de agua de riego que se manejaba tradicionalmente en estas comunidades: duración de entrega fija por familia.

También se realizaron algunas modificaciones en la infraestructura, como la construcción de compuertas de desfogue en el canal principal, la construcción de nuevos hidrantes en el sistema, además de la autorización del uso del aspensor *Senninger Xcel Wobbler (pollerita)*. La utilización de este aspensor está más extendida en las comunidades de *K'aspicancha* (ramal 1) y *K'aspicancha Baja* (ramal 2 y ramal 3).

La comunidad de *K'aspicancha Alta* acordó utilizar solamente del aspensor *Rain Bird 30H* en todos sus ramales (4, 5, 6, 7 y 8) respetando lo definido en el diseño del proyecto. Existe también un pequeño grupo que combina ambos aspersores y en casos muy aislados utilizan un aspensor diferente a los señalados. Este es otro factor que está causando diferencias en el volumen que recibe cada usuario.



La implementación de las diferentes propuestas implicó un ajuste organizativo en las comunidades que demandó a su vez, la creación y fortalecimiento de organizaciones en cada ramal, y la asignación de nuevos roles a las comunidades en relación con el control del reparto de agua, en los ramales que incluyen a dos comunidades (ramales 2 y 3).

A pesar de todos los problemas por los que atravesó el sistema, gran parte de los usuarios coincide en que el riego tecnificado les trajo mucho beneficio, aunque existen todavía muchas tareas pendientes de realizar para mejorar la operación del sistema y reducir las pérdidas de agua durante el riego, que son parte del proceso de adopción tecnológica y el proceso de diseño de la distribución de agua que todavía están en curso en el sistema.

## Conclusiones

- Los usuarios del sistema fueron los que en la práctica definieron todas las características actuales de la distribución de agua en este sistema de riego, condicionados, sin embargo, por las características de una infraestructura ya construida, y por lo tanto, con pocas posibilidades de ser modificada.
- Los usuarios comenzaron a distribuirse el agua con un enfoque de demanda, intentando aplicar el agua a demanda del cultivo (*riego libre*) pero terminaron con una distribución que considera, además, la cantidad de agua disponible (enfoque de suministro), estableciendo un riego por turnos que prioriza la aplicación de agua en el periodo de floración de los cultivos principales, en años con relativa escasez de agua. Los agricultores combinan un enfoque de demanda con un enfoque de suministro para el riego de los cultivos, contrario al diseño técnico que se basa sobre todo en un enfoque de demanda. La insuficiente disponibilidad de agua hace que muchos agricultores en la zona andina del país se conformen con practicar un riego deficitario.
- Otro criterio central, fue el de propiciar un acceso equitativo al agua para cada familia que corresponda con el derecho equitativo definido en el proyecto. Esto se tradujo en el establecimiento de una duración de entrega fija por usuario, que, por las características de presurización del sistema, no se estaría traduciendo en un mismo volumen de agua. La aplicación de este criterio muestra, por una parte, la centralidad de los derechos de agua para los usuarios, algo que en el diseño de este proyecto fue considerado solo superficialmente. Por otra parte, muestra la gran influencia que tienen las prácticas tradicionales de gestión de agua, en este caso reparto de agua por tiempo, en la definición de las características futuras de la distribución de agua de un sistema.
- La definición y el ajuste de las características de distribución, se dio paralelamente a un proceso de ajuste organizativo del sistema. En otras palabras, el caso muestra que cambios en la distribución de agua, implican cambios en estructuras y roles de las organizaciones de riego, aspecto importante de considerar en el diseño de la distribución de agua.
- Este caso respalda la necesidad de considerar que un proceso de innovación tecnológica es también un proceso de aprendizaje en la práctica, lo

cual supone también que el proceso de diseño debe ser esencialmente interactivo entre los que desarrollan la tecnología y los que usarán la misma, pues en esencia no existen las recetas únicas para diseñar, sobre todo considerando las condiciones locales particulares (físicas, sociales, económicas, etc.) de nuestro medio, de ahí que “*aprender haciendo*” es un lema que se aplica tanto a agricultores como técnicos (Delgadillo y Jimenez, 2011).

## Referencias citadas

- Arratia M.; Gutierrez Z.; Hoogendam P. 1996. Planificación, interacción y resultados inesperados. La dinámica de las intervenciones en sistemas de riego en los valles de Cochabamba, Bolivia. PEI-RAV-UMSS. Cochabamba, Bolivia. 50 p.
- Comité Interinstitucional para el Desarrollo de Tiraque (CIDETI). 1994. Diagnóstico Socioeconómico de la Microrregión de Tiraque. Cochabamba, Bolivia. 273 p.
- Delgadillo O., Jimenez J. 2011. Aprendizajes de las experiencias de innovación tecnológica de riego por aspersión en zonas montañosas de Bolivia. Ponencia presentada en la II Reunión Internacional sobre para el Manejo y Sustentabilidad del riego en Regiones Áridas y Semiáridas (Cruz das Almas, Bahía, Brasil; 3 -7 de abril, 2011). Centro AGUA-UMSS. Cochabamba, Bolivia. 27 p.
- Delgadillo O. 2016. Aprendizajes conceptuales sobre los procesos de diseño y adopción tecnológica de sistemas de riego tecnificado bajo gestión colectiva. Centro AGUA-UMSS. Cochabamba, Bolivia. 32 p.
- Escobar L. 2015. Análisis de los cambios introducidos en la construcción del sistema de riego por aspersión *K'aspican-cha* como elementos para el reajuste de su funcionamiento y la distribución del agua. Reporte de investigación. Centro AGUA-UMSS. Cochabamba, Bolivia. 67 p.
- Gobierno Municipal de Tiraque (2009-2013). Plan de Desarrollo Municipal de Tiraque. Cochabamba, Bolivia. Fundación Agua Tierra Campesina (ATICA).
- Gutiérrez P. 2006. Riego campesino y diseño compartido. Gestión local e intervención en sistemas de riego en Bolivia. Editorial IEP. Lima, Perú. 251 p.
- Hidalgo L. 2011. Evaluación de riego por aspersión en parcelas de ladera en la comunidad *Ch'ullku Mayu*, municipio de Tiraque. Reporte de investigación. Centro AGUA-UMSS. Cochabamba, Bolivia. 81 p.
- Hoogendam P., Rios C. 2008. Manual de riego tecnificado para los valles. Consultora Boliviana Beccar Bottega Ltda., Proyecto de Innovación Estratégica Nacional en Riego (PIEN-Riego). Cochabamba, Bolivia. 157 p.
- Jimenez J. 2003. Eficiencia de riego por aspersión en condiciones de ladera en la parte baja de la microcuenca de “*Mishka Mayu*”. Tesis de pregrado. FCAyP-UMSS. Cochabamba, Bolivia. 92 p.
- Ministerio de Medio Ambiente y Agua - Vice-ministerio de Recursos Hídricos y Riego 2010. Guía para la Elaboración de Proyectos de Riego Mayores. 98 p.
- Vega D. 2002. Pautas para el diseño de la distribución de agua en sistema de riego bajo gestión campesina. Ponencia presentada en el Seminario Internacional CORA 2002, Cayembe-Ecuador. Centro AGUA-UMSS. 46 p.
- Verschuren P., Doorewaard H. 2010. Designing a research project. 2<sup>nd</sup> ed. Eleven International Publishing. The Hague, Netherlands. 312 p.

Trabajo recibido el 17 de octubre de 2019 - Trabajo aceptado el 18 de diciembre de 2019