

Sustentabilidad y seguridad hídrica en sistemas campesinos de riego

Estudio de cinco intervenciones en riego en Cochabamba

Ivan del Callejo; Germán Chila

Centro AGUA (FCAyP - UMSS)

E mail: idelcallejov@gmail.com

Resumen. La sustentabilidad y la seguridad hídrica, son temas de creciente interés desde las políticas de estado y también para los usuarios que gestionan sus propios sistemas de riego. El análisis de la sustentabilidad de sistemas de riego, puede ser complementado mediante indicadores de seguridad hídrica, que introduce nuevos elementos tales como la disponibilidad y (mecanismos de) acceso al agua para los usuarios (regantes), de modo que se garantice una segura y equitativa provisión de agua en cantidad, calidad y oportunidad para cada uno de los agricultores. La capacidad de autogestión constituye también uno de los elementos clave para analizar la sustentabilidad de los sistemas campesinos de riego en Bolivia. En este artículo, se sintetizan los hallazgos de un estudio en cinco casos en el departamento de Cochabamba, en los que se intervino a través de proyectos de mejoramiento de infraestructura, bajo diferentes programas de gobierno. Un resultado inmediato de las intervenciones es el incremento en la disponibilidad de agua, sin embargo son diversos los resultados en términos de calidad y durabilidad de las obras construidas y en las capacidades de autogestión de las comunidades y de la sostenibilidad de los efectos del riego sobre los medios de vida de los agricultores.

Palabras clave: Efectos e impactos del riego; Acceso al agua; Provisión equitativa de agua; Autogestión en riego.

Summary. Sustainability and water security in peasant irrigation systems. Study of five irrigation interventions in Cochabamba. Sustainability and water security are topics of growing interest from state policies and also for users who manage their own irrigation systems. The analysis of irrigation systems' sustainability can be complemented by water security indicators, which introduces new elements such as availability and (mechanisms of) access to water for users (irrigators), so as to ensure a safe and equitable provision of water in quantity, quality and opportunity for farmers. Self-management capacity is also one of the key elements to analyze the sustainability of peasant irrigation systems in Bolivia. This article summarizes the findings of a study in five cases in the Department of Cochabamba, which were intervened through infrastructure improvement projects under different government programs. An immediate result of the interventions is the increase in water availability, however the results are different in terms of quality and durability of the works built and in the self-management capacities of the communities and the sustainability of the effects of irrigation on farmers' livelihoods.

Keywords: Effects and impacts of irrigation; Access to water; Equitable water supply; Self-management in irrigation.

Introducción

Elementos conceptuales y metodológicos para evaluar la sustentabilidad de un sistema de riego

El concepto general de sustentabilidad de sistemas de riego hace referencia a la “durabilidad” de los mismos en términos de infraestructura, a su capacidad de auto sostenerse organizativa y financieramente y a que los productos generados por el sistema, no resulten en impactos negativos en el ambiente (deterioro del agua, suelo y la biodiversidad) ni que pongan en riesgo su futuro funcionamiento o a las poblaciones involucradas, garantizando así los medios de vida de los agricultores.

Son distintos enfoques que se han utilizado para analizar la sustentabilidad de los sistemas de riego, haciendo énfasis en uno o varios de los elementos señalados. Algunos hacen énfasis en la recuperación de costos implicados en la gestión del agua (Cai *et al.* 2001), otros más en las capacidades organizativas y de toma de decisión (Ostrom 1990, 1992, 2009), otros añaden a esto la noción de la autogestión (Salazar *et al.* 2010), mientras que algunos se centran en los “incentivos” económicos para mantener en funcionamiento el sistema, o por el valor que representa éste en la composición de los medios de vida de los pobladores (Vos & Boelens 2014; Toner & Franks 2006).

Cosa similar sucede con el concepto de “seguridad hídrica”. Las primeras nociones aparecen en la década de los años 90’ y tenían que ver con la idea de “asegurar” la provisión de agua a poblaciones para sus necesidades básicas, tanto en calidad como en cantidad, generalmente frente a factores inciertos provocados por eventos

climáticos extremos, o por conflictos sociales violentos. Luego el concepto se fue ampliando hacia diferentes sectores de uso (usos productivos, industriales y los mismos ecosistemas), además de considerar elementos de riesgo e incertidumbre característicos del (los) ciclo (s) hidrológico (s) o más bien reconociendo la complejidad de ciclos “hidrosociales” en los que se ve inmersa la gestión del agua (Cook & Bakker 2012; Bakker 2012; Zeitoun *et al.* 2016; Molden *et al.* 2016). Este desarrollo conceptual muestra la gran diversidad de enfoques, disciplinas, escalas y propósitos con los que se trata el tema.

En el presente artículo se asume la seguridad hídrica como un elemento de análisis de la sustentabilidad de los sistemas de riego y por lo tanto complementa los indicadores que comúnmente se utilizan en dicho análisis. En este estudio, la seguridad hídrica se analizó en dos niveles: el de los sistemas de riego y el ámbito de las familias campesinas y sus sistemas productivos. En el primero se evaluó la disponibilidad de agua y en el segundo, el acceso “real” al agua, tanto en cantidad, calidad y oportunidad, lo que define justamente la noción de “seguridad”.

Complementando los elementos planteados por Toner & Franks (2006); Ricart *et al.* (2016) Salazar *et al.* 2010) y Ministerio de Asuntos Campesinos y Agropecuarios (2003), la sustentabilidad de un sistema de riego y también los efectos e impactos de intervenciones (proyectos de riego) sobre esta, puede ser entendida a partir de cuatro dimensiones:

- ⇒ Económica - Financiera
- ⇒ Socio - Organizativa
- ⇒ Ambiental
- ⇒ Tecnológica

De cada una de estas dimensiones se sintetizaron una serie de indicadores, a partir de la complementación de criterios propuestos por Salazar *et al.* (2010), Ministerio de Asuntos Campesinos y Agropecuarios (2003) y Menece (2016) que adapta indicadores de sustentabilidad para sistemas de riego basados en la metodología “MESMIS” según Masera *et al.* (2000).

Estos indicadores fueron definidos a partir de la identificación de “puntos críticos” en los componentes de un sistema de riego. Estos componentes permitieron dar una visión más amplia e integral en el análisis de la sustentabilidad de los sistemas de riego. En el siguiente cuadro se resumen los puntos críticos e indicadores para evaluar la sustentabilidad de los sistemas de riego.

Cuadro 1. Dimensiones, puntos críticos, variables e indicadores de sustentabilidad

Dimensión	Componente o punto crítico	Variables	Indicadores
Seguridad hídrica	Fuente de agua (oferta) y disponibilidad de agua	Oferta y disponibilidad (en el nivel colectivo e individual)	a) Cantidad
			Calidad
		Derechos y acceso al agua	b) Definición de derechos colectivos e individuales y acceso al agua
	Infraestructura (dimensión tecnológica)	Calidad y durabilidad de la infraestructura de riego	c) Condición y funcionalidad de las obras
Socio-organizativa	Gestión del sistema (autogestión)	Existencia y cumplimiento de reglas y tareas operativas	d) Distribución y reparto del agua (cumplimiento de tareas operativas)
		Tareas de organización interna	e) Mantenimiento de la infraestructura (capacidad organizativa y de movilización)
Ambiental	La cuenca y fuente de agua	Estado de conservación / degradación de la cuenca y fuente de agua	f) Presencia - vigencia y desempeño de la organización
	El sistema productivo	Estado de conservación / degradación del suelo y su fertilidad	g) Riesgos que afecten la cuenca y la fuente en términos de cantidad, calidad y oportunidad
Tecnológica	El sistema productivo	Riego parcelario	h) Prácticas de conservación del suelo y su fertilidad
Económica y financiera	Infraestructura y gestión del sistema	O & M * de infraestructura	i) Aplicación de agua en la parcela (pérdidas de agua)
	El sistema productivo	Efectos económicos productivos del riego	j) Capacidad (financiera) para la O & M y/o reposición de la infraestructura
			k) Calendario y cédula de cultivos, rendimientos, rentabilidad

*: O & M: Operación y Mantenimiento

Materiales y métodos

Se seleccionó cinco proyectos de una larga lista proporcionada por el Viceministerio de Recursos Hídricos y Riego (VRHR), los mismos que fueron ejecutados en el marco de los diferentes programas de financiamiento del gobierno. Entre los principales criterios de selección se consideraron:

- a) Que las obras de los proyectos estén concluidas y que hayan funcionado al menos 3 campañas agrícolas antes de la investigación.
- b) Que los montos de inversión de los proyectos (alta y baja inversión) que en realidad pueden relacionarse con las escalas de riego y micro riego, respectivamente).
- c) Que los casos elegidos cuenten con fuentes de agua distintas.

d) Que se tenga accesibilidad a información primaria y secundaria.

Se eligieron dos sistemas de represas, dos sistemas con aguas de río y un sistema con agua de pozo.

En el Cuadro 2 se sintetizan las principales características de los casos estudiados. Luego de recolectar información secundaria de cada proyecto y sistematizarla, se contactó a autoridades locales, técnicos municipales o de los programas de inversión así como a usuarios de base, realizando entrevistas semi-estructuradas con esos actores clave. Se realizaron también recorridos de campo de verificación *in situ* y para dar seguimiento a algunas actividades colectivas o individuales (observación participativa), además de entrevistas detalladas a miembros de las familias usuarias de los sistemas.

Cuadro 2. Principales características de los casos estudiados

Caso estudiado	Municipio y piso ecológico	Tipo fuente	Número de usuarios	Área proyecto (ha)	Total inversión (Bs.)	Fecha de conclusión	Programa de inversión
Sistema de riego tecnificado <i>K'aspi Kancha</i>	Tiraque (cabecera de valle y puna: 3100 – 4200 msnm)	Represa	270	353	6.186.696	03/10/2014	PRONAREC
Sistema de riego San Pedro	Aiquile (valle 2200 – 2300 msnm)	Represa	108	147	15.920.619	18/07/2014	SIRIC
Sistema microriego Apillapa Bajo	Sacabamba (cabecera de valle 3000 – 3200 msnm)	Río	4	11	394.166	14/03/2014	MIAGUA
Sistema de riego Villa Barrientos	Arani (valle 2750 – 2850)	Río	42	58	984.487	10/07/2014	PRONAREC
Pozo profundo Vargas Rancho Chejta Rummy	San Benito (valle 2700 a 2750)	Pozo	36	20	409.742	05/11/2013	PRONAREC

Fuente: Basado en Chila y del Callejo (2018)

Se analizaron once indicadores relacionados a los temas de seguridad hídrica, autogestión y producción agrícola, usando una escala de valoración cualitativa que relaciona el estado o condición de cada factor, con la sustentabilidad del sistema, según lo propuesto por Meneces (2016). De forma genérica se podría resumir esta escala de la siguiente manera:

- ⇒ 3 ALTA (Bueno): No existen indicios de riesgos o factores que afecten la continuidad de los procesos o del estado o condición del elemento analizado.
- ⇒ 2 MEDIA (Regular): Se observan indicios de la afectación del elemento analizado, afectando directamente su estado o su funcionamiento. Puede deberse a factores internos del sistema o a factores externos. El funcionamiento del sistema se ve amenazado en el mediano plazo (5 a 10 años).
- ⇒ 1 BAJA (Malo): Existe una afectación severa de las condiciones o estado de situación del elemento analizado, evidenciándose ya la afectación directa en el funcionamiento del sistema.

Esta escala de valoración y su descripción específica, para cada elemento evaluado, se encuentran en el reporte de investigación elaborado por Chila y del Callejo (2018).

Resultados y discusión

SOBRE INDICADORES DE SEGURIDAD HÍDRICA

a) Condición y funcionalidad de la infraestructura

Uno de los puntos cruciales para la sustentabilidad y la seguridad hídrica en un sistema de riego, es la calidad de las

obras construidas, empezando desde la “apropiabilidad” en el diseño (Gutiérrez 2005), la calidad constructiva y su estado actual, lo que deriva, finalmente, en su funcionalidad.

En las obras de captación, se ha constatado el buen estado de la infraestructura en todos los casos (vista simplemente como estructuras hidráulicas), sin embargo se ven indicios de que la funcionalidad se encuentra comprometida en algunos de los sistemas. Es el caso de la represa de *San Pedro*, afectada por un acelerado proceso de colmatación del embalse, por el arrastre de sedimentos desde su cuenca de aporte y una bajada considerable en el nivel freático, en el caso del sistema de pozo *Ch'ejta Rumi*.

De la misma forma, el **sistema de conducción principal** en todos los sistemas estudiados, se encuentra en funcionamiento sin mayores inconvenientes, salvo el caso de algunos tramos de los canales principales de *K'aspi Kancha* y *San Pedro* que presentan desgaste y pequeñas fisuras en el hormigón ciclópeo y filtraciones en algunos tramos (tramos IV y V de *K'aspi Kancha*).

En los otros sistemas, la conducción es mediante tuberías y no presentan mayores problemas. La **infraestructura de distribución**, en la mayoría de los casos, se encuentra en buen estado de funcionamiento. Solo en el caso de *K'aspi Kancha* se presentan eventualmente reventones de la tubería en la parte baja de la red, debido a la excesiva presión del agua generada por el desnivel del terreno.

Adicionalmente, en este sistema, como se alimenta a través de un canal abierto que luego distribuye el agua por un sistema de tuberías que inician con las cámaras de carga, toda esta infraestructura no

cuenta con estructuras de protección, o las que existían se deterioraron rápidamente. De esta forma ingresan en las tuberías basuras, piedras, restos de raíces de plantas e incluso animales pequeños que obstruyen el sistema. Algo similar sucede con obras complementarias o de protección en el caso del sifón norte en la presa *San Pedro* (cámara de limpieza del sifón), que presentan fisuras y un manejo y mantenimiento no adecuados, afectando directamente sobre el funcionamiento de la infraestructura, presentándose obstrucciones y pérdidas de agua.

En el caso del sistema de micro riego *Apillapa Bajo*, la bomba instalada es de 2 HP de potencia y se la instaló en función a la capacidad y potencia del transformador de energía eléctrica, pero no de la demanda de agua de los usuarios. Por ello, los usuarios piden que esta situación sea mejorada, ya que en la actualidad no se beneficia a todos los comunarios.

b) Oferta y disponibilidad de agua en el nivel colectivo e individual

El incremento en la disponibilidad es un efecto inmediato de los proyectos implementados, sin embargo, estos datos solo muestran la situación en un momento y muchas veces encubren las tendencias o el comportamiento de la oferta de agua y por lo tanto, de la seguridad hídrica en el largo plazo en los sistemas intervenidos. Se observa el incremento en el volumen captado durante la campaña 2017, siendo el volumen incremental más elevado en el sistema *K'aspi Kancha*, seguido por *San Pedro* y luego el sistema *Villa Barrientos* captado por galería filtrante. El incremento de volumen más bajo es de micro riego *Apillapa Bajo* (1584 m³), que depende de la capacidad de la operación de bomba (el agua es bombeada por cuatro días para llenar el tanque de capaci-

dad: 72 m³), porque la fuente de aprovechamiento del río es permanente durante el año. Es importante resaltar lo que se discutió en el anterior acápite, sobre la seguridad hídrica de algunas fuentes de agua. Proyectos de represas y de aguas subterráneas en la actualidad son justamente las principales fuentes de agua demandadas para sistemas de riego, habiéndose identificado potenciales problemas como en el caso de la represa *San Pedro* y del sistema de pozo *Ch'ejta Rumi*; queda claro que los diseños y luego la implementación de este tipo de obras, deben pasar imprescindiblemente por una valoración minuciosa de las condiciones que garanticen el funcionamiento de estos sistemas en el largo plazo y por lo tanto de la seguridad en la disponibilidad de agua.

En el primer caso, es claro el efecto de las condiciones en la cuenca que provocan sedimentación del embalse y la acelerada pérdida de su vida útil. En el caso de sistemas con aguas subterráneas, el carácter “invisible” y de aparente seguridad o estabilidad en la oferta de agua, incide negativamente sobre la sustentabilidad de todo el acuífero, ya que promueve la explotación descontrolada de esta fuente.

c) Derechos y acceso al agua

En la mayoría de los casos estudiados, los derechos de agua se crearon mediante la inversión de trabajo o de aportes de dinero para la construcción de la infraestructura. Estos aportes consolidan los derechos de agua y por lo tanto el acceso al agua de las familias involucradas. Solo en el caso del sistema *Apillapa Bajo* llama la atención que de la comunidad, únicamente cuatro personas actualmente hacen uso de la infraestructura, habiendo existido conflictos internos en la defini-

ción de quiénes serían usuarios y quiénes no. Sin hablar de los altos montos de inversión que tuvo este proyecto y su justificación (inversión por hectárea y por familia), esta situación sigue generando tensiones al interior de la comunidad y puede constituir un factor de inseguridad para el sistema.

Al final, estos derechos de agua y las posibilidades de acceso, se traducen en volúmenes disponibles para las familias campesinas. A continuación se muestran algunos casos en cada sistema

Como se muestra en el Cuadro 3, se tiene un rango grande de volúmenes a los que acceden las unidades familiares. En la campaña agrícola de riego 2017, el mayor incremento de agua de volumen disponible se presentó en *K'aspi Kancha*, con una pequeña diferencia entre el usua-

rio ubicado en la parte baja (1382 m³), a comparación del regante ubicado en la parte alta, que debido a condiciones de suelo y el clima frío, no usó agua durante la primera largada. Los otros sistemas presentan una disponibilidad de agua menor en *San Pedro*, luego *Chejta Rumi*, *Villa Barrientos* y *Apillapa Bajo*, que oscilan entre 1030 m³ y 360 m³.

Cabe destacar que los caudales, tiempos y frecuencia de riegos, son variables año tras año. Lo que llama la atención son los reducidos volúmenes de agua (cantidad) y los intervalos largos (oportunidad) en los casos de los sistemas de riego *Villa Barrientos* y *Ch'ejta Rumi*, posibilitando únicamente el riego de pequeñas superficies (menos de 500 m²) bajo riego completo, o como se practica actualmente, el riego complementario o de refuerzo de cultivos de papa, maíz o forraje (alfalfa).

Cuadro 3. Disponibilidad de agua a nivel familiar / Campaña 2017

Sistema de riego	Familias	Ubicación	Origen de derecho	Tiempo (horas)	Caudal (l/s)	Frecuencia de riego (días)	Nro. de largadas o turnos/año	Volumen año (m ³)
<i>K'aspi Kancha</i>	Castellón	Pie	Aporte en dinero*	96	0.5	21	8	1382
	Gonzales	Cabecera	Mano de obra	96	0.5	21	7	1210
<i>San Pedro</i>	Ortiz	Canal norte	Mano de obra	2	11	7	13	1030
	Balseras	Canal sur	Aporte en dinero	2	11	7	13	1030
<i>Apillapa Bajo</i>	Aguayo	Cabecera	Mano de obra	2	5	10	10	360
	Ureña	Pie	Mano de obra	2	5	10	10	360
<i>Villa Barrientos</i>	Guevara	Ramal 2	Mano de obra	1	12	32	8	346
	Claros	Ramal 1	Aporte en dinero	1	12	32	10	432
<i>Ch'ejta Rumi</i>	Ledezma	Ramal 2	Aporte en dinero y mano de obra	12	1.5	24	8	518
	Terrazas	Ramal 1		12	1.5	24	7	454

*: Compra de acción

En estos casos, los reducidos, caudales, junto al número de usuarios, plantea una situación de escasez y evidente inseguridad en la disponibilidad de agua a nivel familiar.

Sistemas regulados como *Kaspi Kancha* y *San Pedro* representan una mayor seguridad por el carácter controlado del flujo (sistemas regulados), lo que les permite ajustar caudales e intervalos de riego de mejor forma que los otros sistemas, que pueden llegar entre 24 a 35 días.

En el nivel colectivo, no se tienen indicios en los sistemas de represas, ni los de fuentes de río, de conflictos o interferencias de otros usuarios aguas arriba o aguas abajo, que compitan por el agua y que pongan en discusión los derechos colectivos a las fuentes de agua. Solo en el caso del sistema *Ch'ejta Rumi*, cuya fuente de agua son aguas subterráneas, se ven progresivamente más amenazadas por una creciente (sobre) explotación del acuífero, lo que nuevamente repercute sobre una baja seguridad hídrica en el mediano plazo.

SOBRE INDICADORES DE (AUTO) GESTIÓN

d) Ajustes en la modalidad de distribución

Hasta antes del proyecto, en *K'aspi Kancha* la distribución era por "largadas", llegando hasta 11 turnos por año, cada usuario con derecho a dos horas, con un total de 96 usuarios. En el sistema *Villa Barrientos* la modalidad fue que el agua captada desde del río *Pajchiri*, mediante un atajo de piedras, se distribuía por turnos, cada socio con derecho a 1 día y con 9 usuarios.

Los otros casos estudiados tenían una agricultura a secano. Después de la intervención de los proyectos, en el primer año de funcionamiento, la modalidad de distribución fue en base al proyecto planteado. Sin embargo en el inicio de funcionamiento, hubo desacuerdos en cuanto a la distribución y reparto de agua, pero después en el segundo y tercer año, la modalidad de distribución se fue ajustando en función al volumen de agua disponible, número de usuarios y requerimientos del cultivo.

Actualmente los periodos de distribución son variables e inician desde julio o abril (en *Villa Barrientos*), mientras en *San Pedro*, en periodos cortos de mayo a agosto. En cuatro de los cinco sistemas estudiados, en los periodos de lluvia, el riego es a demanda libre, pero en el sistema *San Pedro* el reparto por turnos es controlado durante toda la campaña de riego. Con respecto a las tareas de distribución, la organización de usuarios se encuentra en constante proceso de adecuación del reparto del agua en relación a la oferta de agua y las demandas de agua de los cultivos, sin embargo algunos sistemas, como es el caso del pozo de *Ch'ejta Rumi* o *Villa Barrientos*, encuentran limitantes por la reducida oferta de agua. En el caso de *K'aspi Kancha*, el mayor inconveniente resulta de la adaptación del riego presurizado. La relativa alta disponibilidad de agua ha motivado que se priorice un esquema simple de reparto de agua (hasta 4 días de riego por usuario) aunque ello signifique eficiencias bajas de aplicación con riego por aspersión.

e) Mantenimiento de la infraestructura

El mantenimiento de la infraestructura es uno de los elementos clave en la sustentabilidad de un sistema de riego. Los

casos estudiados, muestran que existe infraestructura de protección como rejillas, desarenadores, cámaras de limpieza u otras que cumplen justamente la función de proteger infraestructura principal como ser canales de conducción o distribución, tuberías, hidrantes, sifones, etc. En general se observa una falta de atención, operación y mantenimiento adecuados de estas obras de protección. Esto puede deberse a que no está clara su función y su importancia, o en general el mantenimiento preventivo y rutinario de la infraestructura, no es una prioridad para las organizaciones. Esto mismo sucede con la infraestructura principal, como canales, compuertas o válvulas, lo que se constata por la presencia de fisuras o grietas en canales, la falta de engrase o pintura en compuertas o de limpieza en válvulas, tapas de cámaras rotas, etc.

Nuevamente, la falta de mantenimiento de estas estructuras, claramente comprometerá el funcionamiento de la infraestructura principal en el mediano plazo, lo que incide sobre la sustentabilidad del sistema, ya que reparaciones mayores como cambios de compuertas, válvulas o solucionar obstrucciones de sifones o tuberías de conducción, implicarían gastos mayores a los usuarios.

f) Presencia-vigencia y desempeño de la organización

La situación de la organización fue evaluada en base a cuatro criterios, como parte de entender las capacidades de autogestión.

Se evaluó el rol de la organización con respecto a la generación de sus propias normas, reglas o acuerdos para gestionar el sistema, lo que denominamos aquí como tareas “constitucionales” de la organización; un segundo elemento fue su

capacidad para desarrollar tareas operativas; su propia dinámica organizativa interna y su capacidad de movilización de recursos. En general se verificó la vigencia y presencia de la organización muy activas en todos los casos estudiados. Se observó con respecto a tareas constitucionales, que todos los sistemas cuentan con listas de socios, identificándose así sus derechos de agua y las obligaciones que cada usuario tiene.

Cuatro de las cinco organizaciones estudiadas, bajo la forma de asociaciones o comités de riego, cuentan con estatutos y reglamentos en vigencia y en aplicación y con tramitación formal de personería jurídica. En el caso del sistema *Villa Barrientos* y *Chejta Rumi*, se encuentra en trámite el registro de la fuente de agua frente al Servicio Departamental de Riego. Estos elementos de constitución de las organizaciones fueron reforzados o en algunos casos promovidos por los servicios de “acompañamiento” ejecutados junto con los proyectos. Solo en el caso del sistema *Apillapa Bajo*, se muestra una organización relativamente débil, ya que no son reconocidos como comité de riego, sino más bien está en manos del dirigente de la comunidad, quien es el responsable del tema de agua o del sistema.

Aunque es importante la formalización de las organizaciones de regantes, cabe aclarar que esto no representa una garantía para su sustentabilidad, al contrario puede significar reducir la flexibilidad y las capacidades de adaptación de las organizaciones a su propio contexto socio-económico y ambiental (Seemann 2014; del Callejo 2019).

Con respecto a tareas operativas, de organización interna y el desempeño general de las organizaciones, se pudo verificar que éstas han asumido con regulari-

dad tareas operativas desde el primer año de funcionamiento, aunque en ese primer año tuvieron dificultades en cuanto a la operación de infraestructura y distribución, que luego fueron ajustadas y en la actualidad están en etapa de consolidación.

Las capacidades del grupo de usuarios para realizar las tareas relacionadas con la distribución de agua, operación y en parte el mantenimiento de la infraestructura, muestran condiciones favorables, ya que en todos los casos, las reglas de distribución de agua son claras y se cumplen, y la operación de la infraestructura es realizada sin mucha dificultad.

Aparte de los aspectos mencionados, las organizaciones de regantes demuestran en general creatividad y perseverancia, en encontrar soluciones para problemas que se presentan en el funcionamiento de sus sistemas. Otra característica importante es la fortaleza y autonomía en la capacidad de resolución de conflictos y de establecimiento de acuerdos con la participación activa de miembros del directorio. Sin embargo también dependerá mucho de la responsabilidad del directorio para el manejo del sistema.

En las organizaciones estudiadas se observaron buenas capacidades para la movilización de recursos, con aportes monetarios fijos mensuales y anuales. Las organizaciones tienen la capacidad de cobro, especialmente para cubrir gastos de mantenimiento y operación de los sistemas, aunque en el caso de trabajos de mantenimiento o reposición / reconstrucción de obras mayores, no se tiene un fondo de reserva sino que se recurre a cuotas de emergencia o se solicita apoyo al municipio u otras instituciones.

INDICADORES EN LA DIMENSIÓN AMBIENTAL

g) Riesgos que afecten la cuenca y la fuente de agua en términos de cantidad, calidad y oportunidad

De los cinco sistemas estudiados, el sistema *San Pedro* es el que presenta mayores riesgos ambientales que estarían afectando la oferta de agua, tanto en cantidad como en calidad. Esto se relaciona con la degradación actual de la cuenca y los severos procesos erosivos que en ella ocurren. Esto está determinando un rápido procesos de arrastre de sedimentos y colmatación del embalse. El efecto directo es la disminución de la cantidad de agua almacenada y la calidad del agua, con presencia de sólidos suspendidos, además del efecto sobre estructuras como válvulas de desfogue y compuertas que se deterioran con mayor rapidez.

En los otros casos, no existen mayores problemas ambientales, salvo en el sistema *Ch'ejta Rumi*, que como se mencionó anteriormente la bajada en el nivel freático se debe más a la sobre explotación del acuífero que a problemas ambientales. Adicionalmente, en el caso de los sistemas de *San Pedro* y *K'aspi Kancha*, el hecho de que canales de distribución se encuentren en terrenos en ladera, pone en riesgo la estabilidad de esas laderas, ya que como ocurrió en *K'aspi Kancha*, durante la época de lluvias se arrastra material (piedra y suelo) de la ladera al canal, provocando desbordes de agua del canal por la ladera y generando erosión e inicio de cárcavas en varios lugares. Ante esta situación los usuarios de *K'aspi Kancha* han planteado cambiar el sistema de conducción principal por un sistema de tubería.

h) Prácticas de conservación del suelo y su fertilidad

El segundo aspecto evaluado en la dimensión ambiental, son los efectos de la práctica de riego sobre el suelo. Son dos los efectos más importantes presentes en la agricultura regada; el primero se relaciona con la erosión del suelo producida por el uso de caudales (velocidades de flujo) grandes sobre el terreno, que provocará el arrastre y pérdida de suelo, que se ve incrementado por el relieve característico de parcelas en ladera. El otro efecto es la salinización del suelo, sobre todo en zonas semiáridas y con agricultura semi intensiva o intensiva (Aragüés *et al.* 2015). Son justamente estas dos condiciones las que en general predominan en la región andina y es también este el aspecto menos atendido desde las políticas de apoyo al sector riego.

En evaluaciones *ex post* de proyectos de riego (Ministerio de Asuntos Campesinos y Agropecuarios 2003, 2004; Jauregui *et al.* 2008; Salazar *et al.* 2010) solo se menciona superficialmente el efecto de las prácticas de riego sobre la capacidad productiva del suelo.

Ninguno de los cinco sistemas y proyectos evaluados planteó ningún tipo de acción sobre este aspecto. En la evaluación de campo la mayoría de los entrevistados solo reporta los beneficios del incremento en la disponibilidad de agua, pero en ningún caso, posiblemente por el corto tiempo de funcionamiento de los sistemas intervenidos, se indican efectos sobre la erosión o la salinización del suelo y menos aún sobre la pérdida de su fertilidad.

INDICADORES EN LA DIMENSIÓN TECNOLÓGICA

i) Aplicación de agua en la parcela (pérdidas de agua)

En Bolivia, las intervenciones en riego se han centrado mayormente en la construcción de infraestructura, buscando mejorar al final la eficiencia del sistema, principalmente la captación o almacenamiento y la conducción principal. Son pocas las intervenciones que buscan mejorar el reparto del agua que a su vez ayude a disminuir las pérdidas en la distribución. Hasta ahora las acciones que se han tomado para mejorar el uso del agua en la parcela, han sido muy limitadas.

A pesar de la implementación de servicios de acompañamiento, asistencia técnica integral (ATI) y en los últimos años la combinación de ambos (AAT: acompañamiento y asistencia técnica) en los que se prevé fortalecer capacidades para el manejo del agua en parcela (Ministerio de Medio Ambiente y Agua 2013, 2016), son escasos o inexistentes los resultados concretos que demuestren un impacto directo y medible sobre este aspecto.

En los sistemas estudiados, los servicios de asistencia técnica se han limitado a reproducir manuales de operación y mantenimiento o apoyar en la formalización de organizaciones de regantes, o en algunos casos (solo) realizar el intercambio de experiencias o talleres u otro tipo de eventos de capacitación.

Cambios importantes a nivel de parcela fueron: En tres de los cinco sistemas (*San Pedro, Apillapa Bajo y Ch'eta Rumi*) no se tenía experiencia en riego, antes de las intervenciones se cultivaba a secano. En el caso de *K'aspi Kancha y Villa Barrientos*, se ha cambiado la práctica de

riego, sobre todo en el primer caso, que cambió de riego por superficie a riego por aspersión. Estudios en las mismas zonas o en sistemas cercanos a los casos estudiados, muestran eficiencias de aplicación relativamente bajas, menores al 50%, tanto en riego por superficie como por aspersión (Chila 2016; Castro 2019).

Llama la atención el caso de *K'aspi Kancha*, donde el cambio tecnológico hacia riego por aspersión, no se fundamenta en el ahorro del agua, sino en facilitar la aplicación de agua en terrenos con pendiente. En este caso, Soliz (2019), reporta eficiencias entre 25% y 50%, que para riego por aspersión son consideradas muy bajas. Queda claro sin embargo, que si bien existe un margen grande en el que se puede mejorar el manejo del agua en la distribución y en el riego parcelario, sobre todo en sistemas de alta escasez de agua, esta mejora no solo obedece a recetas técnicas o de mejora de infraestructura, sino que involucra la estrecha interrelación entre la tecnología, el conocimiento y las prácticas locales, pero también elementos de la gestión campesina y el manejo colectivo del agua (Boelens y Vos 2012).

INDICADORES EN LA DIMENSIÓN ECONÓMICA - PRODUCTIVA

j) Capacidad (financiera) para la O & M y/o reposición de la infraestructura

En ninguno de los sistemas estudiados se considera o se prioriza el ahorro de fondos que permita actuar en el caso que se requiera reponer, reconstruir o hacer reparaciones grandes en la infraestructura. En los sistemas de bombeo, generalmente se paga por el consumo de energía eléctrica, lo que define cuánto será el pago que un usuario debe realizar por hora de bombeo.

En los otros sistemas, generalmente se hacen pagos pero son cuotas mensuales fijas, que cubren los costos básicos del sistema, como ser reparaciones menores o sirven para cubrir los costos de representación o de gestiones realizadas por los dirigentes o eventualmente el pago de un “incentivo” para algunos cargos específicos.

Generalmente los usuarios y los dirigentes no están dispuestos a pagar montos mayores que aseguren esta capacidad financiera de la organización. Estos prefieren asumir inversiones o costos mayores a través de cuotas extraordinarias o de emergencia, solo cuando sea estrictamente necesario, aunque en la mayoría de los casos recurren a instituciones gubernamentales o no gubernamentales, que eventualmente podrían apoyar con parte o toda la inversión.

k) Efectos económico-productivos del riego

La rentabilidad de la agricultura regada en sistemas intervenidos (mejorados) se espera que sea mayor, ya que se asume que el efecto directo del aumento en la disponibilidad de agua (en cantidad, calidad y oportunidad), permitiría elevar los rendimientos debido a una dotación más segura de agua a los cultivos. También puede resultar de la diversificación de cultivos o la intensificación en la producción (por la ampliación del calendario agrícola) y/o por el aumento en la superficie cultivada.

El resultado final, en términos de rentabilidad, puede ser fluctuante, ya que la producción depende de factores climáticos, de manejo agronómico, de la fertilidad del suelo y las ganancias también de la fluctuación de precios (de productos e insumos), entre otros.

En todos los casos se observan cambios productivos, como ser la diversificación de cultivos y la anticipación del calendario agrícola con cultivos bajo riego como ser la papa (*mishka*), haba, arveja, cebolla y en el caso de *Villa Barrientos* y *Ch'ejta Rumi*, también el cultivo de alfalfa. Se observa una priorización de estos cultivos regados aunque no se dejó de cultivar maíz (a temporal) y otros cultivos forrajeros. Parte de esta diversificación muestra el rol que cumple la crianza de animales en estos sistemas productivos.

Otro impacto económico importante del riego ha sido sobre el destino de la producción. Al incrementarse los volúmenes de producción y la introducción de cultivos orientados al mercado, los agricultores han tendido a incrementar su relacionamiento con este, ya sea por la venta de sus productos o la compra de insumos. En algunos casos como *K'aspi Kancha*, *San Pedro* y *Apillapa Baja*, pueden destinar al mercado porcentajes importantes de papa, arveja, hortalizas e incluso maíz. Por otra parte, analizando la relación beneficio / costo, como indicador de rentabilidad de los cultivos regados, se observaron valores entre 1.6 a 2.6, siendo los cultivos más rentables la arveja, papa y haba. Cultivos como el maíz y alfalfa presentan los menores valores, especialmente en los casos de *San Pedro* y *Ch'ejta Rumi*.

En el Cuadro 4 se resume la valoración en conjunto, de la sustentabilidad en los sistemas estudiados, a partir de los once indicadores discutidos anteriormente.

Conclusiones

- La evaluación de la sustentabilidad a partir de indicadores multidimensionales, da pautas importantes para re-

forzar los procesos de intervención en sistemas de riego, no limitándose únicamente a evaluar técnica o económicamente las inversiones, sino complementados con indicadores que demuestran la dinámica interna de cada sistema.

- En todos los sistemas estudiados, se observa una predominancia de factores que podrían comprometer la sustentabilidad de los sistemas de riego en sus dimensiones tecnológica (en el nivel del sistema productivo) y ambiental. Diferentes aspectos en estas dimensiones han sido justamente los menos atendidos desde las políticas de apoyo al sector y tampoco son priorizados por las organizaciones locales.
- Salvo situaciones particulares, la seguridad hídrica desde el componente físico de la infraestructura de riego, parece estar medianamente garantizada, sin embargo otros elementos que definen también la seguridad, como ser el acceso (colectivo e individual) al agua y la oferta de agua, merecen mayor atención, sobre todo por su interrelación con aspectos socioeconómicos, organizativos y socio políticos, vinculados a la gestión local del agua en espacios mayores, pero también intra-sistemas.
- Las continuas adaptaciones organizativas, la flexibilidad en la gestión del agua y en las reglas de reparto, así como la capacidad de movilización de recursos que presentan en general los sistemas estudiados, constituyen fortalezas que contribuyen a la sustentabilidad de los sistemas de riego y demuestran las capacidades de autogestión de las organizaciones de regantes.

Cuadro 4. Resumen valorativo de la sustentabilidad de los sistemas

Dimensión	Indicadores	<i>K'aspi Kancha</i>	<i>San Pedro</i>	<i>Apillapa Bajo</i>	<i>Villa Barrientos</i>	<i>Chejta Rumi</i>
Seguridad hidrica	a) Condición y funcionalidad de la infraestructura	Media	Media	Alta	Alta	Alta
	b) Oferta y disponibilidad de agua en el nivel colectivo e individual	Alta	Media	Media	Alta	Media
	c) Derecho y acceso al agua de riego	Alta	Alta	Alta	Media	Baja
Auto gestion	d) Ajustes en la modalidad de distribución	Media	Alta	Media	Alta	Media
	e) Mantenimiento de la infraestructura	Media	Media	Media	Alta	Alta
	f) Presencia-vigencia y desempeño de la organización	Alta	Alta	Baja	Media	Alta
Dimensión ambiental	g) Riesgos que afectan la cuenca y la fuente de agua	Alta	Media	Alta	Alta	Media
	h) Prácticas de conservación del suelo y su fertilidad	Media	Media	Media	Media	Media
Dimensión tecnológica	i) Aplicación de agua en la parcela	Media	Media	Media	Media	Media
	j) Capacidad (financiera) para la O & M y/o reposición de la infraestructura	Media	Media	Baja	Media	Media
	k) Efectos económico-productivos del riego	Alta	Media	Media	Media	Media
Valor modal de indicadores de sustentabilidad		Media	Media	Media	Alta	Media

- Si bien se demuestran importantes capacidades organizativas y de auto-gestión, un aspecto aún débil es el mantenimiento preventivo de la infraestructura. Este puede estar relacionado con varios aspectos, como ser la

relación entre los requerimientos en el manejo colectivo del agua y los beneficios finales de la producción agrícola, que tienen un alto grado de incertidumbre; la escasa capacidad de ahorro de las familias campesinas que redu-

cen los incentivos (o las posibilidades reales) para aportar anticipadamente para el mantenimiento del sistema; el carácter contingente en los requerimientos de mantenimiento y en la propia reacción campesina.

Referencias citadas

- Aragüés R., Medina E., Zribi W., Clavería I., Fuentes J., Faci J. 2015. Soil salinization as a threat to the sustainability of deficit irrigation under present and expected climate change scenarios. *Irrigation Science*, (33), 67–79. *En línea*. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s00271-014-0449-x>
Consultado en septiembre de 2019.
- Bakker K. 2012. Water Security: Research Challenges and Opportunities. *Science*, 337, 914-915.
- Boelens R., Vos J. 2012. The danger of naturalizing water policy concepts: Water productivity and efficiency discourses from field irrigation to virtual water trade. *Agricultural Water Management*, 108, 16–26. *En línea*. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2011.06.013>
Consultado en septiembre de 2019.
- Cai X., McKinney D., Rosegrant M. 2001. Sustainability analysis for irrigation water management: Concepts, methodology, and application to the Aral Sea Region (Discussion Paper No. 86). Washington DC.
- Castro V. 2019. Evaluación de la eficiencia de riego por aspersión en el sistema de riego Flores Rancho (municipio Cliza). Tesis de Maestría. Universidad Mayor de San Simón. Cochabamba, Bolivia. 113 p.
- Chila G. 2016. Evaluación del desempeño del riego parcelario. Reporte de investigación Nro. 1: Productividad del agua y eficiencia de sistema de riego Zamora, Aiquile. Centro AGUA, GIZ-PROAGRO. Cochabamba, Bolivia. 80 p.
- Chila G., del Callejo I. 2018. Evaluación de la sustentabilidad y de seguridad hídrica en cinco sistemas de riego intervenidos en el departamento de Cochabamba. Reporte de Investigación. Centro AGUA-UMSS. Cochabamba, Bolivia. 42 p.
- Cook C., Bakker K. 2012. Water security: Debating an emerging paradigm. *Global Environmental Change*, 22(1), 94–102. *En línea*. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2011.10.011>
Consultado en septiembre de 2019.
- del Callejo I. 2019. Water control and autonomy. Peasant Irrigation Strategies in the Bolivian Andes. Wageningen University. PhD. Thesis. Wageningen, The Netherlands. 197 p.
- Gutiérrez Z. 2005. Appropriate designs and appropriating irrigation systems. Wageningen University. PhD. Thesis. Wageningen, The Netherlands. 249 p.
- Jauregui P., Olivares R., Colque L. 2008. Efectos del riego en los ingresos de las familias campesinas (Programa d). Programa de Desarrollo Agropecuario Sostenible GTZ-PROAGRO. Cochabamba, Bolivia. 58 p.
- Masera O., Astier M., Lopez-Ridaura S. 2000. Sustentabilidad y manejo de recursos naturales. El marco de evaluación MESMIS. México DF. Mundi-Prensa.
- Meneces M. 2016. Criterios de diagnóstico e indicadores estratégicos para la evaluación de la sustentabilidad en sistemas de riego bajo una agricultura intensiva en la Cuenca de Paría, departamento de Oruro. Tesis de Maestría. Universidad Mayor de San Simón. Cochabamba, Bolivia. 118 p.
- Ministerio de Asuntos Campesinos y Agropecuarios. 2003. Establecimiento de una metodología de evaluación *ex-post* de sistemas de riego mejorados por proyectos de riego. La Paz, Bolivia. 40 p.
- Ministerio de Asuntos Campesinos y Agropecuarios. 2004. Evaluación *ex post* de proyectos de riego PRONAR. Informe principal. La Paz, Bolivia. 62 p.

- Ministerio de Medio Ambiente y Agua. 2013. Guía Acompañamiento / Asistencia técnica en proyectos de riego. La Paz, Bolivia. 93 p.
- Ministerio de Medio Ambiente y Agua. 2016. Manual de asistencia técnica para la puesta en marcha de sistemas de riego. UCEP-Mi Riego. La Paz, Bolivia. 153 p.
- Molden O., Griffin N., Meehan K. 2016. The cultural dimensions of household water security : the case of Kathmandu's stone spout systems. *Water International*, 41(7), 982–997.
En línea. Disponible en:
<https://doi.org/10.1080/02508060.2016.1251677>
Consultado en septiembre de 2019.
- Ostrom E. 1990. Reflections on the commons and a framework for analysis of self-organizing and self-governing CPRS. In *Governing the commons: The evolution of institutions for collective action*. (pp. 182-221). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Ostrom E. 1992. Diseño de instituciones para sistemas de riego autogestionarios. Institute for Contemporary Studies. San Francisco, California, USA. p. 45-71.
- Ostrom E. 2009. A General Framework for Analyzing Sustainability of Social-Ecological Systems. *Science*, 325 (24 July), 419-423.
- Ricart S., Ribas A., Pavón D. 2016. Qualifying irrigation system sustainability by means of stakeholder perceptions and concerns: lessons from the Segarra-Garrigues. *Natural Resources Forum*, 40, 77–90. *En línea*. Disponible en:
<https://doi.org/10.1111/1477-8947.12097>
Consultado en septiembre de 2019.
- Salazar L., Saravia R., Rafael R. 2010. Sustentabilidad y Autogestión de Sistemas de Riego. Programa de Desarrollo Agropecuario Sustentable PROAGRO. Cochabamba, Bolivia. 69 p.
- Seemann M. 2014. Water Security and the Politics of Water Rights Formalization in Peru and Bolivia. The Struggle for Water Justice in Andean Water User Communities. PhD. Thesis. University of Hamburg. Hamburg, Germany. 314 p.
- Soliz E. 2019. Evaluación del desempeño del equipo móvil de riego por aspersión a nivel parcela en el sistema de riego *K'aspicancha K'ewiña Jara* en el municipio de Tiraque, Cochabamba. Tesis de Maestría. Universidad Mayor de San Simón. 60 p.
- Toner A., Franks T. 2006. Putting livelihoods thinking into practice: Implications for development management. *Public Administration and Development*, 26(1), 81–92. *En línea*. Disponible en:
<https://doi.org/10.1002/pad.395>
Consultado en septiembre de 2019.
- Vos J., Boelens R. 2014. Sustainability standards and the water question. *Development and Change*, 45(2), 205-230. *En línea*. Disponible en:
<https://doi.org/10.1111/dech.12083>
Consultado en septiembre de 2019.
- Zeitoun M., Lankford B., Krueger T., Forsyth T., Carter R., Hoekstra A., Matthews N. 2016. Reductionist and integrative research approaches to complex water security policy challenges. *Global Environmental Change*, 39, 143–154. *En línea*. Disponible en:
<https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2016.04.010>
Consultado en septiembre de 2019.

Trabajo recibido el 27 de noviembre de 2019 - Trabajo aceptado el 19 de diciembre de 2019