



EVALUACIÓN EX POST

TECNOLOGÍAS PARA
EL ABASTECIMIENTO DE AGUA,
UNA ALTERNATIVA PARA LA
ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO

Experiencias en gestión del agua aplicados en
proyectos de respuesta humanitaria y adaptación
al cambio climático

SOLUCIONES PRÁCTICAS
Tecnologías desafiando la pobreza



Evaluación Ex post “Tecnologías para el abastecimiento de agua, una alternativa para la adaptación al cambio climático ”

Autores: Oscar J. Mendoza L., Víctor H. Yapu F.

Corrección de estilo y diseño: Adriana Luna

No de páginas: 79

Soluciones Prácticas

Razón social: **Practical Action**

Representante: Víctor Hugo Yapu Flores

Domicilio: Calle Presbítero Medina 2922 y Romecín Campos, Sopocachi. La Paz, Bolivia

Teléfono: (591-2) 2119345, (591-2) 2910761

www.solucionespracticas.org.bo

La Paz, abril 2017

ÍNDICE

1. Antecedentes.....	5
2. Marco normativo	6
3. Metodología.....	9
4. Resultados de la evaluación de impactos	11
4.1. Línea Base para la evaluación del impacto	11
4.1.1. Proyectos evaluados	11
4.1.2. Características de sistemas de <i>agua segura</i> para la conducción y almacenamiento de agua	14
4.1.2.1. Pozos seguros y sellados con bomba tipo yacu.....	14
4.1.2.2. Pozos seguros y sellados con bomba tipo palanca.....	16
4.1.2.3. Pozos seguros y sellados con bomba eléctrica.....	17
4.1.2.4. Pozos seguros y sellados con balde manual PVC	19
4.1.2.5. Tecnología: Bombeo fotovoltaico	20
4.1.2.6. Atajados o q'otañas.....	22
4.1.2.7. Beneficiarios directos	23
4.2. Predeterminación de posibles impactos.....	27
4.3.1. Mejora en el acceso de las familias y las unidades educativas a <i>agua segura</i> en calidad y cantidad suficiente.....	29
4.3.1.1. Porcentaje de unidades escolares y familias que disponen de agua segura en la comunidad.....	29
4.3.1.2. Porcentaje de población con acceso a agua segura.....	30
4.3.1.3. Calidad del agua de acuerdo a la NB 512	31
4.3.1.4. Agua disponible	34
4.3.1.5. Horas de suministro de agua en las escuelas, en las familias y en la comunidad	37
4.3.2. Protección de las fuentes de agua ante amenazas de inundación y contaminación	37
4.3.3. Diversificación de la actividad económica	38
4.3.4. Mayor participación de la mujer en procesos de desarrollo	39
4.3.5. Bajos costos por consumo de agua, no cubren el costo del sistema	41
4.3.5.1. Costo unitario de agua segura en relación a los ingresos de las familias	41
Cuadro 27. Costo mensual de funcionamiento y depreciación del sistema en Bs.	45

Como se puede observar en el cuadro anterior, el costo mensual necesario del sistema es de 1446,1 Bs.....	45
4.3.5.2. Relación de aportes por consumo de agua vs costo de mantenimiento y reposición	45
4.3.6. Bajos costos por consumo de agua de pozo ponen en desventaja el mantenimiento de Q'otañas	49
4.3.7. Síntesis de los impactos observados con la implementación de sistemas de <i>agua segura</i>	51
4.4. Evaluación de la eficacia.....	53
4.5. Evaluación de la eficiencia	53
4.6. Evaluación de la sostenibilidad	58
4.7. Pertinencia	60
5.1. Cambio climático y ciclo hidrológico del agua.....	61
5.2. Cambios en el ciclo hidrológico.....	62
5.2.1. Transpiración.....	63
5.2.2. Derretimiento de glaciares.....	64
5.2.3. Reducción en las precipitaciones pluviales	64
5.2.4. Incremento de la demanda del agua.....	66
5.3. ¿El agua un recurso renovable?.....	69
5.4. Siembra y cosecha de agua	70
5.5. Tarifas por servicios de agua	75
6. Conclusiones y recomendaciones.....	77
Bibliografía.....	79

1. Antecedentes

Bolivia por su ubicación geográfica, con un territorio amplio, gran variedad de climas y ecosistemas, está expuesta a amenazas de origen geológico y meteorológico¹. Al encontrarse situada en una zona de intensa actividad climática, marcada periódicamente por el Fenómeno del Niño (ENSO), ha registrado históricamente una serie de eventos climáticos que implicaron daños y pérdidas económicas, además de consecuencias sociales considerables, a causa de las frecuentes lluvias, sequías, granizos, deslizamientos y heladas, entre otros.

El agua es uno de los recursos que está siendo afectado de diversas formas por la variabilidad del cambio climático, causando alteración en el régimen hídrico, recurrentes inundaciones y sequías, mayor tiempo de temperaturas máximas extremas que incrementan la evapotranspiración y el derretimiento de los glaciares (una de las fuentes de recarga de las aguas superficiales y subterráneas). Estos cambios están provocando alteraciones en la producción agrícola, por ende afectan los sistemas de producción de la seguridad alimentaria de la población.

La alteración en el régimen hídrico pone en riesgo la disponibilidad de agua para el consumo humano. En la ciudad de La Paz, durante la gestión 2016, se pudo observar la falta de recarga de agua en las principales fuentes de abastecimiento a la población urbana, causando un racionamiento como no se había visto en las últimas décadas. Este mismo efecto se observa en el área rural, y quizás con mayor intensidad, si se considera no solo la cantidad de agua disponible para el consumo humano, sino la calidad de la misma.

En los municipios en los cuales se realizó la evaluación del impacto de los sistemas de agua se pudo determinar que existe una población que no dispone de *agua segura* y menos aún de agua potable. De acuerdo a información del Censo 2012, en el Municipio de Villa Tunari el 36,8% de las viviendas consumen agua de río, vertiente, acequia, lago, laguna o curiche, lo que pone en riesgo su calidad y consecuentemente la salud de la población que la consume. Esta situación se repite en los diferentes municipios, en Collana el 30,5%, en Colquencha el 14,7% y en San Buenaventura el 14,4%. Estos porcentajes representan la población vulnerable a problemas de salud por consumo de agua NO segura, poniendo en riesgo a una población de 31,532 habitantes.

Ante esta situación, desde el año 2009 Soluciones Prácticas viene implementando proyectos que tienden a mejorar los sistemas de captación, distribución y uso del agua a través de la implementación de tecnologías innovadoras, las cuales han sido ejecutadas con los siguientes proyectos:

- ✓ Proyecto Respuesta Humanitaria –Chapare
- ✓ Proyectos de Adaptación al Cambio Climático – Waldo Ballivian, Colquencha, Collana, Jesús de Machaca y Apolobamba
- ✓ Proyecto Resiliencia Comunitaria. San Buenaventura, Rurrenabaque, Ixiamas, Reyes

¹ CEPAL, Evaluación del Impacto Acumulado y Adicional ocasionado por la Niña, Bolivia 2008 Documento extractado del Informe de la CEPAL.

Estos proyectos fueron ejecutados considerando el concepto de *agua segura* definida por la OMS/OPS² como “Agua apta para el consumo humano, de buena calidad y que no genera enfermedades. Es el agua que ha sido sometida a algún proceso de potabilización o purificación casera”. Bajo este concepto, Soluciones Prácticas ha implementado diferentes sistemas de captación de agua que permitan el acceso a *agua segura*, a partir del mejoramiento y excavación de pozos nuevos, revestidos y sellados.

Después de un promedio de 5 años de haber concluido la ejecución de los proyectos se realizó la presente “**Evaluación de Impactos de los Sistemas Implementados**” en diferentes municipios, comunidades, unidades educativas y a nivel familiar con el objetivo de:

“Establecer los cambios socio – económicos, a nivel familiar y comunal, generados por los **sistemas de *agua segura*** implementados por los proyectos de Soluciones Prácticas.

Las preguntas a responder con la evaluación de impacto fueron:

- ¿Se ha mejorado el acceso de las familias al *agua segura* en calidad y cantidad suficiente?
- ¿Se verifican cambios positivos en las condiciones de las familias?
- ¿Los sistemas de *agua segura* están acordes a las políticas de agua a nivel nacional e internacional?
- ¿Realmente contribuyen a prevenir o evitar el impacto de la baja temperatura?
- ¿Lo hacen en un grado significativo?
- ¿Son económicamente accesibles a los pobladores en condiciones normales (de mercado)?
- ¿Requieren subsidios u otros aportes externos?
- ¿Han seguido funcionando luego de que acabó el apoyo o ayuda exterior?
- ¿Bajo qué condiciones son replicables?

Bajo estas condiciones se presenta a continuación los resultados alcanzados en la Evaluación de Impacto de los Sistemas de Agua Implementados por Soluciones Prácticas.

2. Marco normativo

Los sistemas de *agua segura* responden a las políticas nacionales que marcan el desarrollo humano, dentro el cual el acceso al agua es un derecho humano.

² Extraído de la página web: <http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsadiaa/e/2003/parte3.pdf>.

En la Constitución Política del estado Plurinacional de Bolivia (CPEPB) se establece como derechos humanos, el acceso agua, a la alimentación, al acceso universal y equitativo a los servicios básicos de agua potable, además de garantizar la no privatización del acceso al agua (Artículo 16 y 20).



Reunión de concertación de la evaluación
(Colquencha)

Asimismo en sus artículos 309, 373 y 374 propicia la administración de los servicios básicos de agua, directamente o por medio de empresas comunitarias. Establece que el agua se constituye en un derecho fundamental para la vida, siendo responsabilidad del Estado promover el uso y acceso al agua sobre la base de principios de **solidaridad, complementariedad, reciprocidad, equidad, diversidad y sustentabilidad**. También el Estado reconoce, respeta y protege los usos y costumbres de las comunidades, de sus autoridades locales y de las organizaciones indígena originaria campesinas sobre el derecho, el manejo y la gestión sustentable del agua.

La implementación de los sistemas de *agua segura* apoyan la ejecución del Pilar 2: Universalización de los servicios básicos: agua, alcantarillado y saneamiento básico. establecido en el Plan de Desarrollo Económico y Social PDES 2016 – 2020, en este Pilar se señala como meta que al 2020 “El 100% de las bolivianas y bolivianos cuentan con servicio de agua y alcantarillado sanitario”. Previendo como resultado que “El 80% de la población rural cuenta con servicios de *agua segura*”. Además, los sistemas de *agua segura* apoyan en la implementación del Pilar 8, Soberanía Alimentaria, cuya meta 1, sobre Alimentación y Nutrición, establece acciones prioritarias:

- Construir, refaccionar y equipar comedores escolares con dotación de agua, saneamiento básico y huertos escolares pedagógicos.
- Cosecha de agua de lluvia y agua para comunidades.

En la Asamblea General de las Naciones Unidas del 28 de julio de 2010, se aprueba la Resolución 64/292, por la cual se considera el acceso a fuentes de agua potable y segura, así como también al saneamiento, como un derecho humano³ (Naciones Unidas, 2010).

³ http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/human_right_to_water.shtml El derecho humano al agua y al saneamiento

Esta Resolución establece que el acceso al agua debe ser:

- **Suficiente.** El abastecimiento de agua por persona debe ser suficiente y continuo para el uso personal y doméstico. Estos usos incluyen de forma general el agua para beber, el saneamiento personal, la preparación de alimentos, la limpieza del hogar y la higiene personal. De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS), son necesarios entre **50 y 100 litros** de agua por persona y día para garantizar que se cubren las necesidades más básicas y surgen pocas preocupaciones en materia de salud.
- **Saludable.** El agua necesaria, tanto para el uso personal como doméstico, debe ser saludable; es decir, libre de microorganismos, sustancias químicas y peligros radiológicos que constituyan una amenaza para la salud humana. Las medidas de seguridad del agua potable vienen normalmente definidas por estándares nacionales y/o locales de calidad del agua de boca. Las Guías para la **calidad del agua potable de la Organización Mundial de la Salud (OMS)** proporcionan la bases para el desarrollo de estándares nacionales que, implementadas adecuadamente, garantizarán la salubridad del agua potable.
- **Aceptable.** El agua ha de presentar un color, olor y sabor aceptables para ambos usos, personal y doméstico. [...] Todas las instalaciones y servicios de agua deben ser **culturalmente** apropiados y sensibles al **género**, al **ciclo de la vida** y a las exigencias de **privacidad**.
- **Físicamente accesible.** Todo el mundo tiene derecho a unos servicios de agua y saneamiento accesibles físicamente dentro o situados en la inmediata cercanía del hogar, de las instituciones académicas, en el lugar de trabajo o las instituciones de salud. De acuerdo con la OMS, la fuente de agua debe encontrarse a menos de **1.000 metros** del hogar y el tiempo de desplazamiento para la recogida no debería superar los **30 minutos**.
- **Asequible.** El agua y los servicios e instalaciones de acceso al agua deben ser asequibles para todos. El Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) sugiere que el coste del agua no debería superar el **3%** de los ingresos del hogar.

Fuente: Derecho humano al agua y los ODM:

http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/human_right_to_water.shtml

La norma: “Agua Potable – Requisitos” NB 512, oficializada por la Resolución Ministerial 104, tiene como objeto en sus artículos 1 al 5: “Reglamentar la Norma Boliviana NB 512 Agua Potable – Requisitos, en cuanto se refiere a la calidad física, química, microbiológica, organoléptica y radiactiva del agua destinada al consumo humano, estableciendo las condiciones que deben cumplir las Entidades Prestadoras de Servicios de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario (EPSA) a nivel nacional”.

Norma boliviana 512, la calidad del agua permite:

- a) Proteger la salud de la población, definiendo y determinando parámetros de calidad del agua, con sus respectivos niveles, basados en principios de gestión de riesgo, con la finalidad de brindar agua apta para consumo humano.
- b) Ser factibles en el contexto del país, tomando en cuenta la capacidad analítica de los laboratorios y las condiciones técnico-económicas de las entidades prestadoras de servicios de agua y alcantarillado - EPSA.
- c) Establecer parámetros para el control y vigilancia de la calidad del agua de consumo humano, de acuerdo con la realidad nacional, sin que ello implique poner en riesgo la salud humana.

El marco normativo ha permitido que en los proyectos ejecutados por Soluciones Prácticas, en los cuales se implementaron los sistemas de *agua segura*, se establezcan las condiciones de apoyo al acceso, uso y gestión del agua, considerando a este como un derecho humano.

3. Metodología

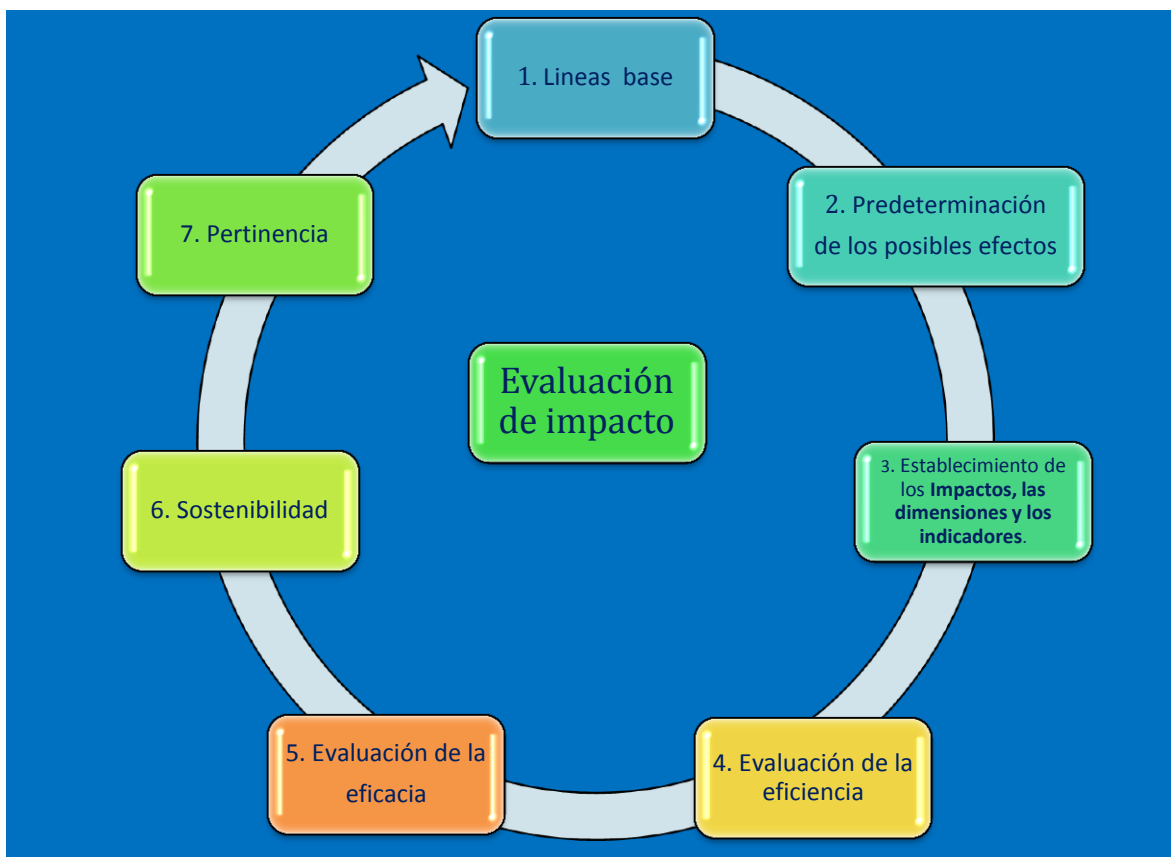
Para la evaluación de impactos de los sistemas de *agua segura* implementados por Soluciones Prácticas, se utilizó la metodología cuantitativa no experimental y métodos cualitativos, tanto estadísticos como aritméticos.

La metodología no experimental no requiere de grupos de control a fin de evaluar los sistemas de *agua segura*, lo cual permitió establecer comparaciones en el transcurso del tiempo, que cubren los momentos: antes y después de la intervención del proyecto.

La metodología cualitativa consideró el “análisis contextual”, a través del estudio de las entrevistas realizadas a beneficiarios, posteriormente se desarrolló un análisis de contenido. En ambos casos, solo se trabajó con los beneficiarios directos de los proyectos ejecutados.

Las etapas que se siguieron para la evaluación del impacto de los *sistemas de agua segura* se muestran en la Figura 1.

Figura 1. Etapas para la evaluación del impacto de los sistemas de *agua segura*



Fuente: Elaboración con base a métodos de Navarro, H. (2005)⁴, Billorou N. et. Al, (2011), y MMAyA (2014)

1. Línea base permitió establecer los objetivos, indicadores y resultados obtenidos por los proyectos ejecutados por Soluciones Prácticas, en los cuales se implementaron distintos sistemas de *agua segura* para la captación y uso de agua en el consumo humano y animal. A partir de la línea base se establecieron las acciones para la evaluación de su impacto a nivel familiar.
2. Predeterminación de posibles efectos de los sistemas de *agua segura* considerados en los resultados de los proyectos implementados. La evaluación hace énfasis en el análisis de los cambios que generaron los sistemas de agua, tomando en cuenta la causa y efecto en las familias beneficiarias y las variables atribuibles a la intervención del proyecto. La evaluación del impacto toma en cuenta los efectos positivos y negativos, previstos y no previstos, utilizando para ello la matriz denominada "El tablero de impactos" (Cuadro 1).

⁴ Navarro, H. (2005). Manual para la evaluación de impacto de proyectos y programas de lucha contra la Pobreza. Instituto Latinoamericano y del Caribe de Planificación Económica y Social (ILPES) y la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Área de Proyectos y programación de inversiones, Santiago de Chile, junio del 2005

Cuadro1. Tablero de impactos de los sistemas de *agua segura*

	Previstos	No Previstos
Positivos		
Negativos		

Fuente: Con base a Navarro. H (2005)

3. Establecimiento de los impactos, la dimensión y los indicadores que se identificaron para la evaluación de los impactos se definieron de acuerdo a los objetivos del proyecto, los cuales fueron analizados a través de información secundaria, con entrevistas a beneficiarios de los proyectos y reuniones con grupos focales.
4. Evaluación de la eficacia de una acción, está dada por el grado en que se cumplieron los objetivos previstos en su diseño. “Usualmente se recurre a una forma de planificación como el marco lógico, en la cual se establece la jerarquía de objetivos: general, inmediatos, específicos, metas y actividades” (Billorou N. et. al, 2011).
5. Evaluación de la eficiencia, analiza el volumen de recursos gastados para alcanzar las metas “una actividad eficiente hace un uso óptimo de los recursos y, por tanto, tiene el menor costo posible” (Billorou N. et. al, 2011).
6. Evaluación de la sostenibilidad considerando:
 - Calidad y durabilidad de las obras
 - Autogestión (operación y mantenimiento, capacidad técnica y gerencial del operador, sostenibilidad financiera, etc.)
 - Evaluación de riesgos ambientales
7. Evaluación de la pertinencia considerando:
 - Relevancia dentro de las políticas y prioridades del sector
 - Satisfacción de las necesidades y prioridades de los beneficiarios
 - Gestión de los riesgos importantes

4. Resultados de la evaluación de impactos

4.1. Línea Base para la evaluación del impacto

4.1.1. Proyectos evaluados

Los proyectos en los cuales Soluciones Prácticas ha implementado los sistemas de *agua segura* son cuatro: tres en el departamento de La Paz, uno en Cochabamba y en el Beni, estos tienen relación con la vulnerabilidad, rehabilitación y resiliencia de las familias. Estos proyectos son:

Cuadro 2. Proyectos ejecutados por Soluciones Prácticas en los cuales se implementaron sistemas de *agua segura*

Departamento y municipio	Proyecto	Objetivo	Resultados
La Paz –Collana	“Reducción de las condiciones de vulnerabilidad alimentaria del distrito de Collana, Aroma; La Paz – Bolivia”	Contribuir a la reducción de la pobreza, lucha contra el hambre y la desnutrición de las familias vulnerables del Departamento de La Paz	<p>En el primer periodo de este proyecto se implementaron 57 pozos someros y un atajado en la comunidad de Hichuraya. En el segundo periodo, ante una mayor demanda de pozos, se implementaron 24 pozos, haciendo un total de 81 pozos someros concluidos y funcionando con bombas manuales tipo yacu y huara, todas ellos acompañados con un receptor de agua que sirve de bebedero para el ganado. Asimismo, se construyeron dos Sistemas de Atajados para cosecha de agua en Hichuraya e Incamaya; en coordinación con el municipio. Además, se construyeron 2 sistemas de Microriego Familiar en Incamaya, mediante atajado, uno que sirve para el consumo de ganado, riego de forrajes y cultivos hortícolas, y el segundo mediante un sistema de bombeo para el riego de pasturas nativas y cultivos de forraje y hortalizas.</p> <p>Los usuarios aplican una eficiente administración técnica y operativa de los sistemas de pozos y bebederos, consolidando una gestión acorde al entorno.</p>
La Paz – Colquencha	“Fortalecimiento de los medios de vida sostenibles de las familias campesinas del Municipio de Colquencha”	Contribuir a la reducción de la pobreza de los pobladores del Municipio de Colquencha del departamento de La Paz	Se implementaron 150 pozos someros que han permitido expandir la ganadería lechera e iniciar el cultivo de hortalizas, además se incorporaron 40 motobombas para la extracción de agua para el riego de cultivos forrajeros, principalmente de alfalfa.

Cochabamba Villa Tunari	"Respuesta a las emergencias causadas por las inundaciones en el Municipio de Villa Tunari, Bolivia"	Contribuir a la recuperación inmediata de las condiciones de vida de las personas afectadas por las inundaciones en el trópico de Cochabamba.	Con el proyecto se implementaron 16 pozos mejorados con tecnologías apropiadas para abastecimiento de agua en unidades educativas. 158 familias reciben. Se lograron mejorar las fuentes de abastecimiento de agua en 16 unidades educativas, lográndose beneficiar a 474 (niñas, niños y docentes).
La Paz - San Buenaventura	"Incremento de la preparación y resiliencia en comunidades indígenas vulnerables priorizadas y organizaciones, bajo un enfoque multisectorial a nivel local, sub nacional y nacional en las cuencas de los ríos Beni y Memoré"	Generar y fortalecer capacidades de resiliencia ante desastres recurrentes de inundación y sus efectos sobre los medios de vida, salud, nutrición, disponibilidad de <i>agua segura</i> y sistemas organizacionales antes y durante la crisis, en las comunidades más vulnerables de las cuencas de los ríos Beni y Memoré, enlazando un SAT local al SNATD para reducir el impacto de los desastres.	En este proyecto se trabajó el abastecimiento de agua en 4 comunidades bajo sistema de bombeo solar, pero además se acompañó con otras tecnologías como cosecha de agua de techo y de lona "paraguas invertido", filtros bioarena.

4.1.2. Características de sistemas de *agua segura* para la conducción y almacenamiento de agua

4.1.2.1. Pozos seguros y sellados con bomba tipo yacu

Los pozos tipo “Yacu” (que en idioma quechua significa agua), fueron implementados en el Municipio de Collana y Colquencha (La Paz) y en Villa Tunari (Cochabamba). Este tipo de pozos se construyeron en zonas en las cuales el nivel freático se encuentra a menos de 8 metros de profundidad, por lo que se conocen como pozos someros, tienen un diámetro de 1,0 m. En su interior se encuentran apiladas anillas construidas con cemento y fierro (tipo hormigón armada), se recomienda en el trópico solo cemento con un concentrado de agregados, los cuales forman el revestimiento de las paredes del pozo. Las anillas sobrepasan 1,0 m la superficie del suelo en cuya parte superior se cubre con una tapa de cemento, sobre la cual se instala la bomba manual para la extracción del agua con un tubo PVC de $\frac{3}{4}$ de diámetro⁵.



Fotos: Pozo sin cubierta donde se observa la contaminación del agua por hiervas, basuras y tierra (izquierda), pozo sellado y seguro con bomba manual tipo yacu (derecha).

En el Municipio de Collana, Colquencha, a este tipo de pozos se instalaron bebederos de cemento para el almacenamiento y disposición del agua para el consumo de ganado, el caudal de recarga desde el pozo es de 0,01 a 0,5 lt/s, siendo el almacenamiento del bebedero de 360 lt.



Foto: Construcción de bebedero en Municipio Collana⁶

⁵ Bequer C. P. (2015). Construcción de pozos para bombas manuales y bebederos. Colección tecnologías transformando vidas.

⁶ Rodríguez F. A. (2010). Construcción Pozos Someros y Bebederos. Captación y usos de agua freática. Municipio Collana

En el siguiente cuadro se puede observar información sobre el volumen de almacenamiento en el interior del cilindro de hormigón armado y la velocidad de recarga.

Cuadro 3. Información técnica
Volúmenes de agua almacenado y velocidad de recarga

Detalle	Resultado
Volumen útil (V_u) m ³	0.754
Borde Libre del pozo (BL) m	0.5
Velocidad de recarga (V_r) m ³ /h	0.4

Fuente: Santos M. G.E. (2010)⁷

El costo de construcción de este tipo de pozo, el cual incluye el bebedero se presenta en el siguiente cuadro:

Cuadro 4. Presupuesto: Pozo más bebedero

DESCRIPCIÓN	Soluciones Prácticas (Bs.)	Familia Beneficiaria (Bs.)	COSTO TOTAL
Pozo con bomba manual	2184,0	1834,9	4018,9
Bebedero	135,8	158,7	294,6
COSTO TOTAL	2319,8	1993,6	4313,5

Fuente: Santos M. G.E. (2010)⁸

Algunas ventajas identificadas en los pozos seguros y sellados durante la implementación del proyecto en Collana y en Villa Tunari.

- Normalmente son utilizados en unidades familiares y educativas
- Por su revestimiento evita la contaminación superficial
- Genera seguridad para el usuario, en especial para niños y niñas, personas de tercera edad evitando que se caigan al pozo al momento de sacar agua del pozo
- Son económicos, su costo alcanza aproximadamente la suma de \$us 300.-
- La operación y mantenimiento es relativamente fácil.

Desventajas

- A mayor profundidad suele ser dificultoso el bombeo por la fuerza que se requiere debido al peso del agua

⁷ Santos M. G.E. (2010) PROYECTO: Implementación de pozos con bomba manual y bebederos para la captación de agua freática en el Municipio de Collana

⁸ Santos M. G.E. (2010) PROYECTO: Implementación de pozos con bomba manual y bebederos para la captación de agua freática en el Municipio de Collana

- En el trópico la parte de la estructura externa de la bomba manual tipo yacu al ser metálico está expuesto a la oxidación

4.1.2.2. Pozos seguros y sellados con bomba tipo palanca

Son ideales para poblaciones dispersas donde existe agua a profundidades de pozo menores a 12 metros. Normalmente son utilizados en unidades familiares y educativas. La estructura del pozo es similar a lo descrito anteriormente con la diferencia de que en este sistema la bomba es tipo “Palanca” y puede bombear agua a mayor profundidad “no mayor a 12 metros”.



Foto: Pozo seguro y sellado con bomba tipo palanca (izquierda). Pozo después de la inundación en la cual se observa la protección del mismo de la contaminación

Los aspectos tecnológicos de este tipo de pozo son los siguientes:

Cuadro 5. Información técnica
Volúmenes de agua almacenado y velocidad de recarga

Detalle	Resultado
Volumen útil (V_u) m^3	0.754
Borde Libre del pozo (BL) m	0.5
Velocidad de recarga (V_r) m^3/h	0.4

Fuente: Santos M. G.E. (2010)⁹

El costo de implementación del pozo más un bebedero es de 663 \$us, con un costo total que incluye el bebedero que alcanza a 705 \$us, de los cuales el 40,6% corresponde a aportes de los beneficiarios (Cuadro 6).

⁹ Santos M. G.E. (2010) PROYECTO: Implementación de pozos con bomba manual y bebederos para la captación de agua freática en el Municipio de Collana

Cuadro 6. Presupuesto: Pozo más bebedero

DESCRIPCIÓN	Soluciones Prácticas (Bs.)	Familia Beneficiaria (Bs.)	COSTO TOTAL
Pozo con bomba tipo palanca	2783,6	1834,9	4618,5
Bebedero	135,85	158,7	294,6
COSTO TOTAL	2919,45	1993,6	4913,1

Fuente: Con base a información de Santos M. G.E. (2010)

Una ventaja que se añade a las anteriores reportadas en el pozo con bomba manual es que para el manejo de la bomba tipo palanca se requiere menor fuerza para accionarla. Este tipo de pozos se implementaron en comunidades del municipio de Collana, Villa Tunari, Colquencha, Jesús de Machaca, y la zona de Apolobamba.

4.1.2.3. Pozos seguros y sellados con bomba eléctrica

El principio de la estructura y la construcción de los pozos son los mismos descritos anteriormente, con la única variable que en esta se instala una bomba eléctrica que permite elevar el agua a tanques de almacenamiento. Este sistema se ha construido en unidades educativas para la distribución de agua a los sanitarios y piletas para uso en la higiene personal.



Foto: Pozo seguro y sellado con bomba eléctrica (izquierda. UE Villa Jordán) y tanques elevados de almacenamiento de agua (Derecha: Puerto san Francisco)

De acuerdo a estudios realizados por el Instituto Nacional de Colonización en 1975, señala que en época de verano la napa freática está a dos o tres metros en las áreas de colonización del piedemonte, pero en época de lluvias llega a menos de 50 centímetros. En las comunidades en las cuales se mejoraron los pozos con los proyectos de Soluciones Prácticas se encontró que el agua en época de estiajes se encuentra entre 4 a 5 metros de profundidad. La profundidad del agua a ser succionada en reposo es de 2,5 m poniendo a disposición 2.500 lt de agua.

**Cuadro 7. Información técnica
Volúmenes de agua almacenada y velocidad de recarga**

DATOS TÉCNICOS	VALOR DE SERVICIO
Profundidades de succión	7 m
Profundidad del espejo de agua	4.5 m
Caudal de recarga	0.7 l/s
Volumen de agua en reposo	2.500 lt

El proyecto en el Municipio de Villa Tunari mejoró los pozos ya existentes poniendo anillas de cemento y sellando en la superficie con tapa de cemento, a fin de proteger el agua de la contaminación por agentes externos y reducir el riesgo de caídas de estudiantes al interior del pozo. El costo de implementación de este tipo de sistema en una unidad educativa de Villa Tunari es de 790.8 \$us, con un monto de aporte de los beneficiarios de 277.8 \$us que corresponde al 35,0% (Cuadro 8).

Cuadro 8. Presupuesto: Pozo más bebedero

DESCRIPCIÓN	Soluciones Prácticas (Bs.)	Familia Beneficiaria (Bs.)	COSTO TOTAL
Pozo	1.670,20	734	2.404,20
Bomba eléctrica	700		700,00
Tanque de almacenamiento (2 tanques de 360 lt)	720,00		720,00
Estructura de soporte de los tanques	200	1.200,00	1.400,00
COSTO TOTAL	3.290,20	1.934,00	5.224,20

Fuente: Con base a información de Santos M. G.E. (2010)

Este tipo de pozos se ha implementado en unidades educativas del Municipio de Villa Tunari. Entre algunas ventajas de este sistema están:

- El agua está almacenada en tanques elevados y su distribución puede ser a través de una red domiciliaria o pileta pública
- Es ideal para unidades educativas o poblaciones pequeñas

- No se requiere recursos humanos altamente capacitados para el bombeo, pero se puede conformar un comité de agua para que el sistema preste un buen servicio

4.1.2.4. Pozos seguros y sellados con balde manual PVC

Los principios para la perforación de pozos son los mismos, pero este no requiere de una bomba sino de un balde de PVC de 1,2 m de longitud y 2.5" o 3" de diámetro.



Foto: Pozo con balde manual PVC en Villa Tunari

Este pozo tiene en el centro un tubo guía de 4" (Tubo de 1,2 m x 3" de PVC, en la parte inferior con una válvula de goma que permite el acceso y el bloqueo del agua) por el cual el balde descende hasta el nivel del agua, este tiene en la base un sobrepeso y una "lengüeta" de goma que actúa como válvula dejando ingresar el agua y una vez lleno, por el peso del mismo, este se aprovisiona sobre el orificio de ingreso del líquido no dejando escurrirse.

Cuadro 9. Información técnica
Volúmenes de agua almacenado y velocidad de recarga

DATOS TÉCNICOS	VALOR DE SERVICIO
Altura de bombeo	4 a 5 m
Caudal de recarga	0,7 l/s
Volumen de extracción por balde	4.5 lt

El costo de implementación de este tipo de sistema en una unidad educativa de Villa Tunari es de 366,3 \$us, de este monto el 28,8% fue aportado por el beneficiario (Cuadro 10).

Cuadro 10. Presupuesto: Pozo más bebedero

DESCRIPCIÓN	Soluciones Prácticas (Bs.)	Familia Beneficiaria (Bs.)	COSTO TOTAL
Pozo	1.670,20	734,00	2.404,20
Balde de extracción	45,00		45,00
Tubo guía	100,00		100,00
COSTO TOTAL	1.815,20	734,00	2.549,20

Fuente: Con base a información de Santos M. G.E. (2010)

Son ideales para poblaciones dispersas y para unidades familiares, donde exista agua a profundidades de pozo menores a 6 metros. Normalmente son utilizados para uso familiar. Algunas ventajas de este sistema son:

Ventajas:

- Bajo costo
- Fácil manejo
- Fácil mantenimiento

Desventajas

- Se puede contaminar al momento de manipular el balde por el contacto continuo de la mano al extraer el líquido

4.1.2.5. Tecnología: Bombeo fotovoltaico

El sistema de bombeo fotovoltaico fue implementado en la comunidad Altamarani del Municipio San Buenaventura. Este sistema contaba con un pozo con bombeo a diésel, un tanque de almacenamiento y un sistema de distribución domiciliaria por cañería, beneficiando a 19 familias. Este sistema fue mejorado con la implementación de una bomba con panel fotovoltaico.

Cuadro 11. Información técnica

Volúmenes de agua almacenado y velocidad de recarga

DATOS TÉCNICOS	VALOR DE SERVICIO
Caudal de recarga del pozo	0,75
Volumen de extracción de la bomba	0,75 lt/s
Capacidad de almacenamiento del tanque elevado	10.000 lt
Número de familias integradas a la red	19

El costo de implementación de este tipo de sistema en la comunidad Altamarani es de 5357 \$us, cuyo detalle se presenta en el cuadro siguiente.

Cuadro 12. Presupuesto: Sistema con bomba y panel fotovoltaico

DESCRIPCIÓN	COSTO TOTAL (Bs)
Sistema de almacenamiento, distribución domiciliaria de agua con medidor	310.000,0
Bomba sumergible	14.000,0
Sistema fotovoltaico	35.000,0
Sub Total Bs	359.000,0
Administrador (12meses * 12 \$us)	144,0
Operador (12meses * 12 \$us)	144,0
Sub Total Bs	288,0
Total (\$us)	37.288,0



Foto: Tanque de almacenamiento de agua con panel fotovoltaico (izquierda), extracción de agua para descarga y limpieza del tanque (centro) red de distribución de agua familias a piletas (derecha)

El **sistema de bombeo fotovoltaico** es ideal para poblaciones concentradas, donde exista agua a profundidades menores de 30 metros.

El proyecto en la comunidad de Altamarani del Municipio de San Buenaventura, reemplazó el sistema de bombeo por gasolina existente, por bombeo fotovoltaico. En esta comunidad ya existe una red de distribución de agua domiciliaria para 19 familias.

Ventajas del bombeo fotovoltaico

- El bombeo puede ser continuo mientras exista luz solar, pero el sistema tiene una autonomía o bien puede ser híbrido alternando con bomba de gasolina.

- Utiliza energía solar, por tanto existe un ahorro para las familias y ya no la dependencia de combustible fósil.
- El sistema ya no lleva batería (se almacena la energía en forma potencial – tanque elevado).
- La gestión de servicio es manejada por una estructura administrativa comunitaria.
- Rápida instalación.

Desventajas

- El mantenimiento es relativamente sencillo pero requiere que el personal (operador) sea capacitado.
- El servicio tiene un costo y algunas familias pueden resistirse al pago con tarifa plana (se recomienda instalar medidores).
- La instalación del sistema tiene un costo de inversión elevado.

4.1.2.6. Atajados o q’otañas

Los atajados son estructuras rústicas que se utilizan como reservorio de agua, instalado en depresiones naturales del suelo o acondicionado en lugares estratégicos de la cuenca, con el objeto de capturar el agua de escorrentía de una microcuenca. Los atajados cuentan con un canal colector de tierra, un paso vehicular, cámaras de sedimentación, canal de ingreso, un vertedor de excedencias, además, el cerco perimetral de conservación y preservación del agua almacenada.

Beneficios	Limitaciones
<ul style="list-style-type: none"> • Dependiendo del volumen, mantiene agua cosechada por un periodo largo y aumenta la disponibilidad en época seca. • Mejora la humedad en áreas secas aledañas al atajado. • Genera un microclima con mayor humedad relativa y reduce la incidencia de heladas. • Genera condiciones para el habitat de aves silvestres. • Mejora el abastecimiento de aguas subterráneas, producto de la infiltración. • Se puede usar para el riego dependiendo del volumen almacenado, pero normalmente se usa para el consumo animal. • Genera belleza paisajística y conservación de la flora y fauna. 	<ul style="list-style-type: none"> • La población no valora este tipo de obras por desconocimiento de su importancia y algunas veces porque no tiene una buena dimensión de almacenaje, infiltración y evaporación, tiende a secar. • Poca disposición comunal y familiar para destinar áreas donde se pueda construir estas obras. • Se requiere asesoramiento técnico durante la construcción del dique, para garantizar la calidad de estructura y estabilidad, así como, el monitoreo para buena operación y mantenimiento. • Escasa difusión sobre su importancia en la recarga artificial de los acuíferos. • Poco valorados si hay otra fuente de abastecimiento para el consumo animal. • No recomendable para el consumo humano.

En el caso de Colla la Q’otaña fue mejorada y ampliada con una capacidad útil de 15000 m³, provista de obras civiles complementarias: canal colector, cámara sedimentadora, canal de ingreso, vertedor de excedencias, alcantarilla de paso vehicular, pozo somero provisto de una bomba Yacu, bebederos y cerco perimetral.

Cuadro 13. Costos de una Q'otaña

DETALLE RUBRO	CONTRAPARTES EN BOLIVIANOS			TOTAL (Bs)
	Soluciones Prácticas (Bs)	MUNICIPIO (Bs)	COMUNIDAD (Bs)	
Material no local	21.325,00	0,00	0,00	21.325,00
Transporte material no local	1.200,00	0,00	0,00	1.200,00
Material local	0,00	0,00	3.060,00	3.060,00
Mano de obra comunal	0,00	0,00	5.085,00	5.085,00
Retroexcavadora y volqueta	0,00	9.040,00	0,00	9.040,00
COSTO TOTAL (Bs)	22.525,00	9.040,00	8.145,00	39.710,00
PORCENTAJE APORTES (%)	57	22	21	100

Fuente: Rodríguez. A. F. (20xxx)¹⁰

Fotos: Q'otañas Municipio Collana

En toda la microcuenca se encuentran construidas 4 Q'otañas, distribuidas estratégicamente para recolectar agua de lluvia, y por su diseño tienen la característica mixta de siembra y cosecha.

Estos sistemas también pueden ser utilizados para el consumo de ganado o riego. En el primer caso, como no presentan ningún tipo de manejo, pueden convertirse fácilmente en focos de contaminación para el ganado vacuno, motivo por el cual, se requieren acciones puntuales para mejorar la cantidad y la calidad de recursos hídricos que permitan reactivar y potenciar las actividades de producción. A través de ello, se busca mejorar la disponibilidad y el acceso a alimentos de primera necesidad nutricional.

4.1.2.7. Beneficiarios directos

La evaluación se realizó en los municipios de Collana, Colquencha y en San Buena Ventura en el departamento de La Paz y Villa Tunari en Cochabamba.

¹⁰ Rodríguez. A. F. (20xxx). *Proyecto Integral Atajados Collana* Ampliación y Mejoramiento Reservorio para Abrevaje de Ganado (Comunidades: Chipanani, Chiarcala, Incamaya, Manqueri, San Nicolás, Uncallamaya E Hichuraya Chico)

Municipio Collana

En el Municipio de Collana existen dos zonas claramente diferenciadas por su fisiografía y su topografía, una zona con serranías, con alturas que oscilan entre 3887 m.s.n.m. en promedio, y otra zona con características de una llanura aluvial, conocida por la población local como “la pampa”, con una altitud de 3835 m.s.n.m. en promedio. Esta región se caracteriza por facilitar la infiltración y el almacenamiento de las aguas que precipitan en el subsuelo debido principalmente a su topografía, en la parte baja del municipio mantienen un nivel freático que varía en profundidad entre los 1m hasta los 6m e inclusive mayor profundidad.

La zona baja “la pampa”, se caracteriza por presentar áreas de pastoreo donde las familias desarrollan con mayor intensidad la actividad ganadera, debido a que existen fuentes de agua, a las que acceden mediante excavaciones de norias o q’otañas, de las cuales se abastecen de agua para el ganado vacuno y ovino. En algunos casos inclusive para abastecer a las mismas familias, sin considerar su manejo y la calidad de las aguas freáticas captadas.

Según datos del Censo 2012 en el Municipio de Collana, existen alrededor de 1.033 familias; sin embargo, el proyecto atendió a siete comunidades con 584 familias y benefició a 81 familias que representan el 13,9% del total del municipio. Las familias beneficiadas poseen parcelas en la zona denominada “la pampa”, que son áreas con niveles freáticos superficiales entre 1 hasta 6 metros de profundidad. Para captar esta fuente freática, las familias realizaron excavaciones superficiales denominadas q’otañas, sin embargo, estas captaciones artesanales no garantizan el suministro continuo de agua en la época de estiaje, ni mucho menos compensan los requerimientos mínimos de calidad, a pesar de que la fuente freática en sí, presenta parámetros mínimos de calidad, según el diagnóstico situacional realizado en diferentes puntos del área indicado.

Los beneficiarios del proyecto se presentan en el siguiente cuadro:

Cuadro 14. Beneficiarios del Proyecto

Dpto.	Municipio	Comunidad	Nº de familias con acceso a pozos someros	Total Nº de familias por Comunidad
La Paz	Collana	Chiarcala	14	400
		Incamaya	14	
		Chipanani	14	
		Manqueri	14	
		San Nicolás	15	50
		Uncallamaya	14	74
		Ichuraya Chico	15	60
		TOTAL	100	584

Fuente: Datos recabados de autoridades comunales “Secretarios Generales”.

El proyecto Reducción de las Condiciones de Vulnerabilidad Alimentaria del Distrito de Collana, Aroma; La Paz – Bolivia, pudo implementar en este municipio:

- 81 pozos someros con bombas manuales tipo yaco y de palanca, abastecen de agua para el consumo humano, ganadero, y la producción agrícola.
- 81 bebederos para animales.
- Se construyeron dos sistemas de atajados o reservorios comunales en Hichuraya (Paqota) y en Incamaya.

Municipio Colquencha

El Municipio de Colquencha se encuentra en la cuenca endorreica del Lago Titicaca, presenta tres microcuencas: al sudeste del municipio formado por los ríos Parka que desemboca en el río Katawi, al oeste la serranía que forma el río Jacha Jawira que desemboca en el río Katari, y al norte en la pampa de Machacamarca el río Waka Karani (también llamado río Lora) que se extiende hacia la comunidad de Collana.

La disponibilidad de fuentes de agua superficial son reducidas, ya que son pocos los ríos con aguas permanentes, entre ellos los ríos Lora, Achoco, Pampajasi del Cantón Santiago de Llallagua, los cuales presentan un flujo medianamente significativo. Los principales ríos del municipio son los siguientes (PDM, 2006 – 2006). Una de las alternativas para el aprovisionamiento de agua en las comunidades es el agua subterránea presente en la pampa de Wichincuri. El aprovechamiento del agua subterránea se inició en la década de los 70, a través de la perforación de un pozo por parte de YPF. Las principales fuentes de agua subterránea se hallan entre los cantones de Colquencha, Marquirivi y Machacamarca. El Proyecto ejecutado por Soluciones Prácticas apoyó en la perforación de pozos en las comunidades antes mencionadas beneficiando a 865 familias.

Municipio Villa Tunari

Las cuencas hidrográficas en el Municipio de Villa Tunari corresponden a la cuenca del río Ichilo – Mamoré, al ser afluentes del río Mamoré proporcionan caudales importantes. Estos son: la cuenca del río Chapare, la sub cuenca del río Veinticuatro, la sub cuenca del río Chipiriri; la cuenca del río Isiboro y la cuenca del río Ichoa.

Las actividades de los proyectos desarrollados en el municipio de Villa Tunari estuvieron enmarcadas en la refacción y rehabilitación de los sistemas de abastecimiento de agua y saneamiento en las unidades educativas y sindicatos. Las acciones respondieron a necesidades muy sentidas por la población, las cuales fueron identificadas en el proyecto desde su inicio. Una de estas necesidades fue la refacción de sistemas que fueron afectados

por la inundación del 2011, producto de las intensas lluvias que sobrecargaron e hicieron desbordar los ríos en las zonas tropicales, en los valles y en la zona cordillera del departamento de Cochabamba, siendo el Municipio de Villa Tunari el que mayores daños sufrió a causa del incremento de los volúmenes de los ríos San Mateo y Espíritu Santo, que convergen para formar el río Chapare.

Con el proyecto se lograron mejorar las fuentes de abastecimiento de agua en 16 unidades educativas, mediante la construcción de pozos someros de agua con bombas manuales tipo yacu y de palanca reforzada, se realizó el abastecimiento de agua con bomba eléctrica y tanque elevado, además, la rehabilitación del sistema de distribución de agua por tubería (Cuadro 12).

Cuadro 15. Mejoramiento de las fuentes de abastecimiento de agua en las unidades educativas

Central	Sindicato	Acciones realizadas en rehabilitación y mejoramiento de las fuentes abastecimiento de agua en UE	Unidades Educativas	Población Beneficiada
14 de Septiembre	Villa Florida	Pozo con Bomba manual tipo Yacu	1	12
	Villa Jordán	Pozo con Bomba manual tipo Palanca Reforzada	1	42
	Naranjitos "B"	Pozo con Bomba manual tipo Palanca Reforzada	1	39
Nueva Chapare	Norte Potosí "A"	Pozo con Bomba manual tipo Palanca Reforzada	1	20
	Norte Potosí "B"	Pozo con Bomba manual tipo Palanca Reforzada	1	22
	San Juan de Uriyuta	Pozo somero con soga	1	21
	Eduardo Abaroa	Pozo con Bomba manual tipo Palanca Reforzada	1	47
2 de Agosto "A"	Flor de San Pedro	Pozo con Bomba manual tipo Palanca Reforzada	1	17
2 de Agosto "B"	Las Cocas	Pozo con Bomba manual tipo Palanca Reforzada	1	14
	Matamojo	Pozo con Bomba manual tipo Palanca Reforzada	1	19
	San José de Bibusama	Pozo con Bomba manual tipo Palanca Reforzada	1	21
Total			11	274
Central	Sindicato	Acciones realizadas en rehabilitación y mejoramiento de las fuentes abastecimiento de agua en UE	Unidades Educativas	Población Beneficiada
Todos Santos	Nueva Esperanza	Sistema de abastecimiento con bomba eletrica y tanque elevado	1	13
2 de Agosto "A"	Puerto San Francisco	Sistema de abastecimiento con bomba eletrica y tanque elevado	1	67
San Miguel	Gualberto Villarroel	Sistema de abastecimiento con bomba eletrica y tanque elevado	1	82
Total			3	162
Central	Sindicato	Acciones realizadas en rehabilitación y mejoramiento de las fuentes abastecimiento de agua en UE	Unidades Educativas	Población Beneficiada
San Miguel	General Román	Rehabilitación de sistema de distribución de agua por tubería	1	13
	San Miguel	Rehabilitación de sistema de distribución de agua por tubería	1	25
Total			2	38

Asimismo, se logró mejorar el abastecimiento de agua en 15 unidades educativas por medio de perforación de pozos, instalación de bombas eléctricas y tanques elevados. También, se entregaron bidones de plástico de 60 litros para que sirvan como reservorios de agua cuando ocurran inundaciones, se benefició a 158 familias.

El proyecto identificó que una de las necesidades más sentidas es el acceso a los servicios de agua y saneamiento, teniendo en cuenta que históricamente la población de esta zona tiene acceso a fuentes de agua de pozos someros abiertos, ríos y manantiales que no proveen *agua segura* (por las inundaciones ocurridas se anegaron los pozos). La evaluación *ex-post* verificó la calidad del agua (parámetros físicos, químicos y microbiológicos), y previó la rehabilitación y mejoramiento de las fuentes de abastecimiento en la Unidad Educativa de Puerto San Francisco, donde se identificó el exceso de manganeso respecto a los niveles máximos establecidos en la Norma Bolivia (NB) 512 de agua para consumo humano, sin embargo, este elemento no es nocivo para la salud humana.

Municipio San Buenaventura

La red hidrográfica de la zona se encuentra bien definida, nace en la serranía y desemboca hacia los colectores naturales; y de este punto toma una dirección noreste; donde confluyen al río Beni, importantes afluentes como el río Quendeque, Hondo, Quiquibey, Tuichi, y otros. Asimismo, el río Beni sirve de límite político municipal entre San Buenaventura y el Municipio de Rurrenabaque.

Al río Beni confluyen, por su margen derecha y en dirección noreste, el arroyo Seco, arroyo Tuyriapu y el río Iruma, el cual se compone de dos arroyos (Almendro e Iruma). A partir de esta confluencia los cursos de agua drenan sus aguas a la laguna Moa antes que al río Beni, es así, que los arroyos Coñera y Moa confluyen sus aguas para formar el río Moa, ambos con dirección noreste.

En la comunidad de Altamarani se implementó una bomba de agua que funciona con panel fotovoltaico, el cual beneficia a 19 familias que radican en la comunidad.

4.2. Predeterminación de posibles impactos

La evaluación del impacto tomó en cuenta los efectos previstos y no previstos, utilizando para ello la matriz denominada “el tablero de impactos”. Para la identificación de los impactos se consideraron los objetivos y resultados de las evaluaciones *ex-post* de los proyectos implementados y se concertaron con los técnicos de la ONG. Además, Soluciones Prácticas, tomó en cuenta los resultados y experiencias de proyectos similares en otros departamentos y municipios del país (Cuadro 16).

Cuadro16. Tablero de impactos de los sistemas de *agua segura*

	Previstos	No Previstos
Positivos	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Se ha mejorado el acceso de las familias y las unidades educativas al <i>agua segura</i>, en calidad y cantidad suficiente. ✓ La estructura de los sistemas de <i>agua segura</i> protegieron las fuentes de agua ante amenazas de inundación y contaminación. ✓ Disponibilidad de agua para el ganado en momentos de emergencias. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Las familias beneficiarias diversificaron los ingresos económicos. ✓ El sistema de bombeo eléctrico en una unidad educativa fue mejorado con la adición de un sistema de descontaminación del agua a través de filtros bioarena, con sistemas difusores, ejecutados por Save the Children con el proyecto DIPECHO
Negativos	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Los aportes por consumo de agua y para el mantenimiento no se realizan como se había planificado durante la implementación del sistema de agua. ✓ Los aportes por consumo de agua no son suficientes para cubrir los costos de mantenimiento y reposición. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Réplicas de pozos no asistidas técnicamente o sin previo estudio hidro geológico de los niveles freáticos y la recarga de los acuíferos pueden causar abatimiento de los niveles freáticos.

Fuente: elaboración propia en base al tablero de impactos de Navarro. H (2005)

Los impactos que se muestran en el tablero de impactos muestran dos aspectos previstos negativos que son comunes en proyectos que implementan sistemas de agua, los cuales tienen que ver con los soportes por consumo de agua que deberían ser utilizados para el mantenimiento y reposición del sistema a lo largo del tiempo. El aspecto que hace referencia a los aportes insuficientes para cubrir los costos de mantenimiento, se debe a que en muchos casos las familias beneficiarias rehuyen a pagar los aportes necesarios, debido a que consideran que el acceso al agua es gratuito, considerando el acceso antes de la intervención del proyecto. Por lo general no se valora la calidad del agua y la disponibilidad.

Los impactos que se presentan en el tablero serán analizados en la presente Evaluación de Impactos de sistemas de *agua segura*.

4.3. Establecimiento de los Impactos, las dimensiones y los indicadores

Utilizando los impactos enunciados en el tablero anterior, se han establecido las dimensiones e indicadores de los mismos, los cuales se presentan en el Cuadro 17.

Cuadro 17. Indicadores para la Evaluación de Impactos de los sistemas de *agua segura*

Impacto	Dimensión	Indicador
Positivos Previstos		
Mejora en el acceso de las familias y las unidades educativas al <i>agua segura</i> , en calidad y cantidad suficiente	Social	% de unidades escolares y familias que disponen de <i>agua segura</i> en la comunidad
		% de población con acceso al <i>agua segura</i>
		Calidad del agua de acuerdo a la NB 512
		Litros de agua disponibles/familia, estudiante y ganado /día
		Horas de suministro de agua en las escuelas, en las familias y en la comunidad
Protección de las fuentes de agua ante amenazas de inundación y contaminación	Estructura del servicio	% de pozos afectados por inundaciones
Positivos no previstos		
Diversificación de la actividad económica	Económica	Incremento del hato ganadero y de las actividades económicas
Mayor participación de la mujer en procesos de desarrollo	Inclusión social y género	% de jefas de familia con acceso al agua
Negativos previstos		
Bajos costos por consumo de agua, no cubren el costo del sistema	Económica	Costo unitario del litro de <i>agua segura</i> en relación a sus ingresos de las familias
		Relación de aportes por consumo de agua vs. costo de mantenimiento y reposición
Negativos no Previstos		
Bajos costos por consumo de agua de pozo crean desventaja en el mantenimiento de Q'otañas	Económico	Costos de mantenimiento de Q'otañas

Fuente: Elaboración propia

4.3.1. Mejora en el acceso de las familias y las unidades educativas a *agua segura* en calidad y cantidad suficiente

4.3.1.1. Porcentaje de unidades escolares y familias que disponen de *agua segura* en la comunidad

En general en las 10 comunidades y 7 unidades educativas evaluadas de los municipios de Collana, Colquencha y Villa Tunari el 100% de las familias disponían de agua de pozo abierto o

del río, que no representaba garantía alguna de ser *agua segura*, ante esta situación el proyecto implementó pozos seguros y sellados con bomba manual o con palanca a fin de mejorar la disponibilidad convirtiéndola en *agua segura* para el ganado. En las comunidades de Collana y Colquencha se implementaron bebederos como una fuente alterna para el consumo humano.

En Collana y Colquencha los pozos seguros y sellados, con bomba manual o palanca con bebedero, mejoraron inicialmente la disponibilidad de agua del 17.1% de las familias que habitan las comunidades atendidas.

Don Erasmo Quispe Flores de la comunidad de Ichuraya Chico, Municipio de Collana, cuenta la cronología de hechos sobre la disponibilidad de agua:

“Primero tomábamos agua del pozo abierto construido en la escuela, desde allá traíamos el agua en bidones, cargado en burritos, después con JICA 2006 se perforó el primer pozo comunal con tanque elevado y se instalaron la red de distribución de agua a las casas, después el Programa del Gobierno MI AGUA perforaron otro pozo y tanque elevado, pero el agua que se bombeaba no era para que tome el ganado, sino para el uso de las familias.

Después del 2011 con intervención de Soluciones Prácticas las familias mejoraron y otras perforaron sus pozos poniendo anillas, tapa sellada y la bomba, además construyeron bebederos que eso fue de mucha ayuda para el ganado”.

Un impacto del proyecto, en los municipios de Collana y Colquencha, fue la disposición de agua para el consumo animal, así lo reconocen los productores entrevistados, las autoridades y técnicos de los municipios de Colquencha.

Asimismo, el proyecto en algunas comunidades de Colquencha proporcionó pequeñas bombas eléctricas de 0,5 Hp, las cuales han permitido el riego de pequeñas áreas de cultivo, especialmente de forrajes como la alfalfa.

En el Municipio de Villa Tunari, la implementación de los sistemas de *agua segura* benefició con agua a 16 unidades escolares, en las cuales se encuentran 474 (niñas, niños y docentes). En la actualidad, de las 7 unidades educativas evaluadas los sistemas aún siguen funcionando poniendo a disposición *agua segura* al 100% de su población estudiantil.

4.3.1.2. Porcentaje de población con acceso a agua segura

Los sistemas de *agua segura* implementados en los diferentes proyectos ejecutados por Soluciones Prácticas han mejorado el acceso físico al agua, esto se debe, en parte, a que se logró reducir el tiempo de traslado de estos recursos para el consumo humano, tanto en las familias como en las unidades educativas. Las condiciones del acceso al agua se plasman con las siguientes experiencias de los beneficiarios del proyecto.

“Anteriormente en Collana y Colquencha el agua era provista por pozos y del río que debía ser trasladado en bidones por los miembros de la familia o con el uso de burros, lo que les llevaba tiempo, debido a las distancias que debían recorrer, además la cantidad de agua era reducida por el peso que representa su traslado” (Guillermo Paiva).

Mientras que en la Unidad Educativa de Puerto San Francisco la profesora María Cayo, manifestó que después de la inundación el sistema de agua de la escuela quedó afectado, sin funcionamiento, por lo que se les pedía inicialmente a los estudiantes que debían ir a sus casas para tomar agua cuando sentían sed, lo que originó pérdida de tiempo y algunos estudiantes ya no retornaban a clases. Por esta razón se optó por pedir a los estudiantes que traigan agua de sus domicilios en bidoncito.

Como se puede observar, el acceso al agua en términos de distancia a la fuente y el tiempo que se requiere para su obtención son variables. Sin embargo, con la implementación de los sistemas de *agua segura*, estos fueron mejorados a través de la reducción del tiempo y la distancia, ya que en todos los casos los pozos fueron instalados cerca de las viviendas familiares y las unidades educativas.

Los sistemas de *agua segura* en Collana y Colquencha han mejorado también el acceso al agua para el consumo del ganado, ya que la distancia de la fuente de agua es próxima a las zonas de descanso y de provisión de forraje adicional como la cebada, la alfalfa entre otros forrajes.

El alcalde municipal de Colquencha, Benigno Callisaya, manifiesta que los pozos tuvieron un impacto positivo en la disponibilidad del agua para el ganado, especialmente en el área rural. La disponibilidad del agua se ve en la mejora de las condiciones de sanidad del ganado.

4.3.1.3. Calidad del agua de acuerdo a la NB 512

La Norma Básica 512, Reglamento Nacional para el Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano, tiene el objeto de “Reglamentar la Norma Boliviana NB 512 Agua Potable – Requisitos, en cuanto se refiere a la calidad física, química, microbiológica, organoléptica y radiactiva del agua destinada al consumo humano, estableciendo las condiciones que deben cumplir las Entidades Prestadoras de Servicios de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario (EPSA) a nivel nacional”.

La NB 512 establece parámetros de control básico de la calidad del agua para consumo humano, el cual debe ser realizado por EPSA. Estos parámetros son: físicos, color, sólidos totales disueltos, químicos inorgánicos, alcalinidad total, calcio, cloruros, dureza, hierro total, magnesio, manganeso, sodio y sulfatos. Asimismo, establece parámetros microbiológicos, los cuales protegen la salud de las personas que la consumen. Esta norma establece que la frecuencia de análisis del agua en fuentes de agua subterránea debe ser cuatrimestralmente.

Los resultados de los análisis de las aguas subterráneas en Collana muestran que la calidad química del agua es aceptable, debido a la dureza total y el calcio, parámetros que están sobre el valor permitido (Cuadro 18).

Cuadro 18. Resultados de análisis químico del agua subterránea en comunidades seleccionadas por municipio

Parámetros	Unidad	Collana	Valores permitido según NB-512
Temperatura	°C	10,90	----
Conductividad	µs/cm	156,4	1500
Concentración Sal	°/00	0,10	-----
pH	-----	7,30	6,5 a 9
Sólidos totales	Ppm	83,00	1000
Sulfatos	ppm SO ₄	3,29	400
Alcalinidad	ppm CaCO ₃	181,57	370
Cloruros	ppm Cl ⁻	64,84	250
Dureza total	ppm CaCO ₃	1116,61	500
Calcio (dureza)	ppm Ca	335,35	200
Magnesio (dureza)	ppm Mg	67,79	150
R.A.S		12,5	S2: 10 a 18

En 1984, la OMS no halló evidencias científicas convincentes de que la dureza del agua cause efectos adversos en humanos, tampoco las halló en los sucesivos informes dedicados a esta cuestión del 2003, 2008, 2009 y 2011 (Basulto, J 2014). Asimismo, no se conocen efectos negativos sobre la salud animal, en relación a la alta concentración de Ca y Mg expresada como carbonato de calcio CaCO₃= (Albertair, 2003). A partir de estos datos se puede concluir en que el agua que capturan los sistemas de *agua segura* permiten a las familias de las comunidades de los Municipios de Collana, Colquencha y San Buenaventura y a los estudiantes de las unidades educativas de Villa Tunari acceder a agua de calidad.

De acuerdo a McJunkin, F. E. 1988 “El agua de pozos debido al efecto combinado del tiempo de desplazamiento y de la filtración a través del suelo suministra frecuentemente una eliminación natural y muy efectiva de los constituyentes indeseables. En consecuencia, el agua tomada de una buena fuente de aguas subterráneas con frecuencia necesita poco o ningún tratamiento adicional para corregir sus deficiencias en cuanto a calidad”.

El acceso al agua de pozo revestido con tapa y bomba no solo benefició a las familias que consumían este recurso, sino que también, tuvo un impacto directo en la ganadería que tenía agua de calidad en bebederos.

En relación a la calidad del agua antes de la intervención del proyecto y el impacto que se tuvo en las comunidades se señala:

- ✓ “Antes el agua del pozo sin tapa estaba contaminada por moscas, polvo y animales muertos que la contaminaban, ahora se tiene agua limpia” (Héctor Bustos, Collana).
- ✓ “Antes los niños tenía dolor de estómago y diarreas por lo que los padres de familia decidieron cavar el pozo en la escuela después de la inundación. Ahora los niños toman agua limpia y se han reducido los malestares de salud, sin embargo, los niños en sus casas no tienen pozos como este y toman agua de pozos abiertos y del río. Les decimos a los niños que tomen en sus casas agua hervida para reducir el riesgo de enfermarse” (María Cayo de la Unidad Educativa de Puerto San Francisco. Villa Tunari).
- ✓ “En el pueblo hay pozos sin tapa, los cuales están contaminados por polvo y animales que mueren cuando se caen al pozo esto contamina el agua. En cambio los pozos sellados reducen la contaminación del agua” (Nancy Gálvez. Villa Tunari).
- ✓ “El ganado tomaba agua del río y se enfermaba mucho, hasta tenían fasiola hepática, ahora ya ha mejorado ya no se enferman como antes” (Martha Uchani. Collana).
- ✓ “El acceso al agua ha permitido a las familias regar con uso de motobombas pequeñas áreas de producción de forrajes, esta práctica ha permitido incrementar el número de cabezas de ganado” (Benigno Calisaya. Alcalde Municipal de Colquencha).
- ✓ “Antes del ingreso del proyecto las personas y el ganado consumían agua de los ríos, de Q’otañas y de pozos descubiertos, los cuales estaban contaminados y producían enfermedades en los niños y también diarreas y gusanos en el ganado. Ahora han disminuido las enfermedades porque el ganado toma agua limpia y se han acostumbrado a esta agua” (Paulina Chirinos. Colquencha).
- ✓ “El principal impacto de los pozos y los bebederos construidos con el proyecto es que han reducido las enfermedades del ganado. Antes las vacas se enfermaban mucho por tomar agua de Q’otañas y del río que tienen muchos bichos, esto causaba diarreas y

también había faciola en el ganado por lo que desparasitábamos dos veces al año ahora solo se desparasita una sola vez “ (Gilberto Rojas. Collana).

En general el 100% de los entrevistados manifiestan que el acceso a *agua segura* que ha permitido la implementación de los sistemas de *agua segura*, han tenido impactos directos en la salud de las personas, reduciendo malestares estomacales y diarreas en los niños de las unidades educativas (Villa Tunari). De la misma manera, en las familias y el ganado de Collana y Colquencha han reducido las enfermedades. Este aspecto en la producción de ganado representa reducción de costos en la producción de leche y mejora de los sistemas de producción de ganado por acceso a áreas de forrajes bajo riego.

4.3.1.4. Agua disponible

El acceso al agua debe ser en calidad y en cantidad necesaria para satisfacer las necesidades básicas de las personas y de los animales.

En Bolivia una persona consume de 85 a 300 litros/día, según la fundación Canaru (2015). Esta cantidad es superior a la cifra que recomienda la Organización Mundial de la Salud (OMS), que sugiere utilizar 80 litros/día¹¹. Asimismo, los requerimientos de agua por el ganado bovino están diferenciados así: una vaca lechera puede consumir entre 38 y 110 litros de agua por día (lt/d), un bovino para carne de 26 a 66 lt/día y una oveja de 4 a 15 lt/día. Las hembras preñadas consumen más agua que las vacías, y las lactantes más que las secas (Albertair, 2003).

Agua disponible por familia o estudiante/día

Los datos anteriores difieren de los que se habían establecido como resultado en el proyecto implementado en el Municipio de Villa Tunari, en el cual se espera que las familias tengan acceso a 15 lt/día/persona. Asimismo, el consumo de agua por cabezas de ganado, de acuerdo a los pequeños ganaderos entrevistados de los municipios de Collana y Colquencha, es de 20 a 50 lt/día con un promedio de 35 lt/día.

En un pozo seguro y sellado con bomba manual tipo yacu o palanca y bebedero la velocidad de recarga es de 0.4 m³/h (400 lt/h), lo que significa que la disponibilidad de agua es de 400 lt, que pueden ser recuperados en una hora. Asimismo, el volumen útil es de 754 lt (Santos M. G.E. 2010).

¹¹ Artículo publicado en el periódico La Razón, 2015

- De acuerdo a información de entrevistados en comunidades del Municipio de Collana (Guillermo Paiva), una familia de cinco componentes requiere por semana 400 lt/ flia. lo que significa 11,5 lt/día/persona. Siendo el volumen útil 754 lt en el pozo, las familias podrían sacar sin problemas los 400 lt que requieren en un solo día, el cual se repondría fácilmente en una hora. Si se considera el consumo diario de 15 lt/día/persona se requeriría de 525 lt/semana, cantidad de agua que está disponible en el pozo. De la misma forma, si se considera el consumo recomendado por la OMS de 80 lt/día/persona la cantidad de agua del pozo satisface este requerimiento.

Un impacto que se observó en las comunidades en las cuales se implementó **el pozo seguro y sellado con bomba tipo yacu o palanca y bebedero** fue el desarrollo de la ganadería, cuya cantidad de ganado por familia se incrementó hasta tener en la actualidad de 8 a 20 cabezas de ganado. De acuerdo a información de 20 familias de pequeños ganaderos entrevistados. Según ellos, se obtuvo un promedio de consumo de agua por cabeza de ganado de 35 lt, en este sentido se requeriría de 280 y 700 lt respectivamente. La cantidad calculada tiene relación con la información proporcionada por un ganadero.

“Para dar agua a mis 20 ganados debo llenar 2 veces el bebedero y tardo de 20 a 30 minutos en cargar dependiendo del tiempo de descanso. Los bebederos lleno en la mañana y en la tarde, por eso tengo que disponer de casi una hora de tiempo para este trabajo” (Erasmus Quispe. Collana).

Considerando el tiempo de recarga del pozo es posible contar con 800 lt de agua en los dos tiempos que se requiere, dado que el tiempo que le permite la recarga excede la hora que se requiere, por lo que con el agua del pozo es posible abastecer a las 20 cabezas de ganado.

Considerando la cantidad de agua que requiere una familia por día (75 l/día) y el consumo de agua de las 20 cabezas (700 lt/día) sumaría 775 lt/día, lo que también abastece la recarga que requiere este pozo.

Como se puede observar, los sistemas de *agua segura* como el pozo seguro y sellado con bebedero, tienen un impacto directo en el desarrollo del ganado ya que proporcionan suficiente “Agua Segura” para el consumo humano y para el ganado a una familia de 5 componentes y 20 cabezas de ganado, que es el máximo que tiene una familia en las comunidades atendidas por el proyecto.

El sistema de *agua segura* ha creado sinergias con otras fuentes de provisión de agua como los pozos perforados por JICA y MI AGUA, los cuales proporcionan agua a través de red de distribución por cañería, representando una fuente adicional a la que ya se describió anteriormente. Esta disponibilidad ha hecho que algunas familias, con el uso de bombas, produzcan alfalfa bajo riego en pequeñas áreas, lo cual resulta en un insumo importante en la alimentación del ganado y por ende en la producción de leche.

- Los sistemas de *agua segura* **pozos seguros y sellados con bomba eléctrica** se implementaron en las unidades educativas de las comunidades del Municipio de Villa Tunari, en el cual se tienen instalados dos tanques de agua de 360 lt cada uno, lo que equivale a decir 720 litros. La cantidad de agua almacenada en la Unidad Educativa Puerto San Francisco representa una cantidad de agua por persona de 8 lt dado que se tienen 80 estudiantes y 10 personas entre profesores y personal administrativo, cantidad suficiente para el consumo humano y para el aseo personal (lavado de manos y mojasón de la cabeza en días de calor).

La profesora María Cayo manifiesta: “La bomba se carga una vez al día en los días de calor y a veces cuando está nublado dura 2 días. El agua se utiliza para el consumo de los estudiantes y el aseo personal. En el baño se hecha agua con bidones de aceite (5lt) desde un tanque de 360 lt. Aun no se utiliza la ducha porque recién han construido los baños y faltan las instalaciones de las duchas”.

- En la actualidad, la disponibilidad de agua abastece las necesidades de los estudiantes y los profesores, sin embargo, después de la instalación de las duchas se requerirá por lo menos 50 lt/estudiante que resultarán en 4.500 lt/día. Considerando el volumen de recarga del pozo que es de 0,7 lt/s se tendría una disponibilidad de 2.520 lt/h lo cual permitiría contar con el agua necesaria para satisfacer la necesidad de agua para la ducha de estudiantes, sin embargo, si se considera el volumen de succión de la bomba eléctrica que es de 31lt/s (1.680 lt/h), se requerirá cambiar los tanques de almacenamiento que ahora solo almacena 720 lt.
- En la Unidad Educativa San Pedro “C” se ha instalado un pozo **seguro y sellado con balde manual PVC**, 20 estudiantes utilizan agua del pozo para el consumo y el aseo personal (lavado de manos y mojasón de cabeza en momentos de calor). Si se considera que cada balde de agua es utilizado por 2 estudiantes se requerirá 10 baldes de agua, es decir 45 lt de agua/día para el consumo y el aseo, así mismo, se requeriría de un balde para el uso de los baños con lo que se necesitaría 90 litros adicionales, lo

cual suma un requerimiento por día de 135 lt. Esta necesidad de *agua segura* es satisfecha por la cantidad de agua almacenada en el pozo debido a que este tiene un volumen almacenado de 2.500 lt y la recarga del pozo es 0,7 lt/s existiendo un superávit de más de 2.000 lt/día.

- En la comunidad de Altamarani del Municipio de San Buenaventura se tiene implementado un sistema de *agua segura* de bombeo por “**Panel Solar**” el cual permite el bombeo de agua hacia un tanque elevado de 2.000 litros. Este tanque distribuye a 12 familias (64 personas) por una red de cañerías hasta las viviendas.

El tanque pone a disposición de las personas *agua segura* en una cantidad de 33 lt/día. La cual es una cantidad mayor al requerimiento de las familias, por lo que el dirigente de la comunidad manifiesta que la recarga es cada dos días. Eso equivale a que la cantidad de agua utilizada por persona es de 16,5 lt/persona.

Como se puede observar, los distintos sistemas de *agua segura* para la captación de agua proporcionan una cantidad mayor a los requerimientos para el consumo de las familias y del ganado. Este hecho ha representado un impacto directo en el bienestar de las familias y en el desarrollo de la comunidad.

4.3.1.5. Horas de suministro de agua en las escuelas, en las familias y en la comunidad

El volumen de recarga de los diferentes sistemas de *agua segura* implementados en los municipios y los requerimientos de esta para consumo humano y del ganado muestran que es posible contar con agua durante las 24 horas del día, lo cual representa un impacto positivo y muy relevante que fortalece el desarrollo humano y económico de las familias.

4.3.2. Protección de las fuentes de agua ante amenazas de inundación y contaminación

A través del establecimiento del porcentaje de pozos afectados por inundaciones, se evaluó la protección de las fuentes de agua ante las amenazas de inundación. Se observó que los pozos, después de cinco años de ser construidos, no fueron afectados por los fenómenos naturales adversos, principalmente las inundaciones, esto se debe a su revestimiento de anillas sobre la superficie del suelo con tapa sellada.

En Collana y Colquencha varios pozos están en la “pampa”, zona baja de la cuenca, en la cual las lluvias generan escorrentías que no afectaron a los pozos en comparación con los pozos sin anillas, a los cuales las escorrentías les ocasionaban derrumbes o introducían sedimentos, y por ende contaminación. Los pozos implementados resistieron durante la sequía que inició el 2015, y que continúa hasta la fecha, por lo que resultaron en un apoyo a la comunidad.

“Los pozos jugaron un papel preponderante en la reducción de los efectos de la sequía ya que están sirviendo de complemento en el acceso al *agua segura* para el consumo humano y animal. Por lo que se puede decir que la sequía no impactó como en otros municipios” (Benigno Calisaya, alcalde de Colquencha).

En Villa Tunari las comunidades que se encuentran asentadas sobre el río 24 se inundaron en dos ocasiones provocando la reubicación de los estudiantes de las unidades escolares a pueblos cercanos, sin embargo, los pozos no sufrieron daño alguno y las tapas funcionaron adecuadamente protegiendo el agua de la contaminación por sedimentos que podían haber contaminado el agua.

“Antes de la construcción del pozo seguro, la comunidad se inundó afectando seriamente al pozo con el ingreso de sedimentos contaminados al agua. El 2014, la comunidad se volvió a inundar y el pozo no fue afectado, sin embargo, los estudiantes fueron trasladados a la nueva escuela del Km 11, también se fueron muchas familias. La zona se ha vuelto zona de riesgo, por lo que las familias solo vienen a ver sus cultivos” (Cayetano Gonzales, Florida – Villa Tunari). De la misma manera en la comunidad Matamojo los estudiantes fueron trasladados debido a las inundaciones a la escuela del km 11 y del 21 (Ilarion Mamani – Villa Tunari).

Como se puede observar, los sistemas de *agua segura* construidos con pozos seguros y sellados han demostrado su resistencia ante inundaciones cumpliendo su objetivo: proteger el agua de la contaminación por sedimentos y otros contaminantes.

4.3.3. Diversificación de la actividad económica

El incremento del hato ganadero y el desarrollo de la actividad económica es un indicador que permitió evaluar el impacto por el acceso a “Agua Segura”. El número de cabezas de ganado de los pequeños ganaderos lecheros incrementó, así manifiestan la totalidad de los entrevistados en las comunidades de Collana y Colquencha. El desarrollo de la ganadería se debe a la intervención de varios proyectos que apoyan a los productores mediante la perforación de pozos, poniendo a disposición de los productores *agua segura*, la cual ha sido utilizada para el consumo humano y del ganado, asimismo, para el riego de parcelas de producción de forraje con el uso de motobombas. Por otro lado, algunos proyectos apoyaron con la construcción de cabañas para el descanso de los animales.

El incremento del ganado ha permitido incrementar la producción de leche, principalmente, siendo esta transformada en queso y en algunos casos en yogur. La actividad ha propiciado la

organización de los productores lecheros en centros de producción como es el caso de “Rica Leche” y el “Centro de Producción de Leche Machacamarca”.

Don Erasmo Quispe manifestó que los lecheros de la comunidad de Collana se organizaron en una asociación de lecheros denominada “Rica Leche”, la cual ya cuenta con personería jurídica. Según él, la producción de leche se incrementará para ingresar al mercado con queso, como “Queso Collana Rica Leche”.

Asimismo, Doña Marielena Oporto manifestó que el Centro de Productoras de Leche de Machacamarca inició su actividad con 8 familias y traían de dos a tres litros de leche porque solo había ganado criollo. “Ahora somos 45 familias y se trae 400 lt de leche por día, pero en estos últimos meses ha bajado porque no traen todos y debido a la sequía que ha producido poco alimento en la pampa. La sequía ha afectado en la producción de forrajes en esta época (agosto) ya sabe estar verde los campos de pastoreo, también la alfa ya sabía salir, ahora se está tardando. Con todos estos problemas la leche alcanza a 300 lt/día.”

No hay duda que los sistemas de *agua segura* han sido uno de los factores que han propiciado el desarrollo ganadero y la organización productiva de leche y sus derivados en los municipios de Collana y Colquencha.

4.3.4. Mayor participación de la mujer en procesos de desarrollo

Un resultado del proyecto ejecutado por Soluciones Prácticas en los municipios de Collana y Colquencha, así como en San Buenaventura, fue la inclusión social al beneficiar a 256 familias cuya representante era una mujer.

En el transcurso del tiempo, el acceso a *agua segura* para el ganado ha resultado ser un factor de impacto, ya que impulsó en la producción de leche y su derivado principal: el queso. La producción y comercialización del queso, de acuerdo al 100% de los entrevistados, es responsabilidad de las mujeres, quienes la comercializan en diferentes mercados de La Paz. Esta actividad les permite incrementar sus ingresos económicos y por ende propicia una mejor participación en la toma de decisiones del desarrollo comunitario y del municipio.



Participación activa de la mujer en la toma de decisiones a nivel familiar y de las organizaciones

La producción de queso, más allá de mejorar la participación de la mujer en aspectos productivos, ha despertado en algunos casos la necesidad de superación en cuanto al manejo del ganado se refiere, así se tiene dos casos que llamaron la atención:

1. El Centro de Productores de Leche de Machacamarca, en el cual la Sra. Angelina Ochani manifestó que antes el centro solo tenía 8 socios y ahora tiene 45 socios de los cuales el 75% son mujeres.
2. La esposa del Sr. Rolando Chirino, manifestó: “Estoy estudiando para salir bachiller y también estoy pasando cursos de veterinaria para poder atender a mi ganado, el animalito siente. Antes se han muerto el ganado con timpanismo, le ha dado mal de altura, diarreas y otras enfermedades ahora ya sé cómo atender”. Un aspecto que llamó la atención en esta entrevista fue el orgullo que se observa en su esposo y el apoyo hacia su esposa. Él manifestó: “A mi esposa le tocaba ser dirigente en el centro lechero, pero rechazó esta responsabilidad dado que debía estudiar, este año ya sale, motivo por el cual la expulsaron del centro; dice que tiene que estudiar y que luego podrá volver al centro y apoyará con mayor conocimiento sobre el manejo del ganado, yo estoy de acuerdo con ella”.
3. En San Buenaventura la disponibilidad a *agua segura* ha permitido a las jefas de familia reducir los costos por consumo de agua y disponer de recursos para la manutención de la familia.

En general la disponibilidad de agua para el ganado junto a la mejora en la producción de forrajes y la introducción de ganado mejorado ha permitido una mayor participación de la mujer en las organizaciones sociales y productivas de las comunidades. Todo ello permite mejorar la condición económica de la familia, fruto del esfuerzo femenino.



4.3.5. Bajos costos por consumo de agua, no cubren el costo del sistema

4.3.5.1. Costo unitario de *agua segura* en relación a los ingresos de las familias

El análisis del costo unitario de *agua segura* se realizó por cada sistema de *agua segura*, tomando en cuenta el consumo de una familia de 5 personas (15 lt/día/persona) y con un hato de ganado bovino de 8 y 20 cabezas, cuyo consumo de agua es de 35 lt/día/cabeza de ganado.

a) Pozos seguros y sellados con bomba tipo yacu y bebedero

Como se observa en el Cuadro 19, la familia que tenga este sistema de *agua segura*; pozos seguros y sellados con bomba tipo yacu y bebedero, deberá incluir en el costo de producción de leche 26.3 Bs/mes por concepto de consumo de *agua segura*, lo que le permitirá contar con fondos para el mantenimiento y la reposición del sistema en los tiempos previstos por la depreciación. Finalmente, se considera un monto de 50 Bs/año para el mantenimiento del sistema.

Cuadro 19. Costo mensual de funcionamiento y depreciación del sistema en Bs.

Detalle	Costo de implementación	Depreciación (años)	Costo anual (Bs)	Costo Mensual (Bs)
Pozo seguro sellado	3118,9	20	155,9	13,0
Bomba manual tipo yacu	900	10	90,0	7,5
Bebedero	294,6	15	19,6	1,6
Costo de mantenimiento				4,2
Total Bs	4313,5		265,6	26,3

La depreciación permite calcular el costo mínimo de un m³ de *agua segura*. Así, a una familia con 8 cabezas de ganado le cuesta el m³ 2.47 Bs, mientras a una familia con 20 cabezas de ganado el m³ le cuesta 1,13 Bs.

Cuadro 20. Costo por m³ de *agua segura* (Bs/ m³)

Consumidor	Consumo de Agua Segura	
	m ³	m ³
Familia	2,25	2,25
Hato de 8 cabezas de ganado	8,4	
Hato de 20 cabezas de ganado		21,0
Total m3	10,65	23,25
Total Bs/m³	2,47	1,13

Los costos que las familias deben realizar por concepto de uso de *agua segura* no representan montos inaccesibles, considerando que un molde de queso se vende a 20 Bs y la familia con un hato de 8 cabezas de ganado, de los cuales 4 están en producción (7 lt/día/animal) produce mensualmente 60 quesos, lo que equivale al supuesto de un ingreso bruto mensual adicional, por venta de queso, de 1200 Bs.

b) Pozos seguros y sellados con bomba tipo palanca

Los costos de la implementación del pozo y su depreciación corresponden a un ahorro mensual por mes de 24,2 Bs/mes, el cual deben realizar las familias. A este monto se debe incluir un costo de 4.2 Bs/mes para el mantenimiento. Se consideran 50 Bs/año, por lo general, para el mantenimiento de la bomba tipo palanca (Cuadro 21).

Cuadro 21. Costo mensual de funcionamiento y depreciación del sistema

Detalle	Costo de implementación	Depreciación (años)	Costo anual (Bs)	Costo mensual (Bs)
Pozo seguro sellado	3418,5	20	170,9	14,2
Bomba manual tipo Palanca	1200	10	120,0	10,0
Bebedero	294,6	15	19,6	1,6
Costo de mantenimiento				4,2
Total Bs	4913,1	45	310,5	30,1

Del análisis se concluye que cada familia tiene un costo de 30,1 Bs/mes, que debe ahorrar por mes para el mantenimiento y la reposición del sistema, considerando los años de depreciación.

Cuadro 22. Cálculo del costo de *agua segura* (Bs/ m³)

Consumidor	Consumo de <i>agua segura</i>	
	m ³	m ³
Familia	2,3	2,3
Hato de 8 cabezas de ganado	8,4	
Hato de 20 cabezas de ganado		21,0
Total m3	10,6	23,3
Total Bs/m³	2,8	1,3

La depreciación permite calcular el costo mínimo de un m^3 de *agua segura*. Así, para una familia con 8 cabezas de ganado el m^3 le cuesta 2,8 Bs, mientras que a una familia con 20 cabezas de ganado el m^3 le cuesta 1,3 Bs.

Los costos que la familia debe considerar por concepto de uso de *agua segura* no representan montos inaccesibles, considerando que un kilo de queso se vende a 20 Bs.

c) Pozos seguros y sellados con bomba eléctrica

Para la evaluación de los costos de implementación del pozo seguro con bomba eléctrica se consideró la depreciación, la reposición de la bomba y el mantenimiento (Cuadro 23).

Cuadro 23. Costo mensual de funcionamiento y depreciación del sistema en Bs.

Detalle	Costo de implementación	Depreciación (años)	Costo anual (Bs)	Costo mensual
Pozo seguro sellado	1.670,2	20,0	83,5	7,0
Bomba eléctrica (reposición)	700,0	2,0	350,0	29,2
2 tanques de 360 lt	720,0	10,0	72,0	6,0
Infraestructura de soporte del tanque elevado	200,0	10,0	20,0	1,7
Costo de mantenimiento			40,0	3,3
Total Bs	3.290,2		565,5	47,1

En estos costos no se considera el costo de consumo de energía eléctrica, debido a que este es asumido por el Gobierno Municipal. Con estos antecedentes, el costo mensual por el uso de *agua segura* en la unidad educativa es de 47.1 Bs/mes (525,5 Bs/año).

Cuadro 24. Costo por m^3 de Agua Segura (Bs/mes/estudiante)

Detalle	
Número de estudiantes en la unidad educativa	90,0
Consumo por persona lt/día	8,0
Consumo total /día	720,0
Consumo en m^3 /día	0,7
Consumo en m^3 /mes	8,6
Consumo en m^3 /año	103,7
Bs/ m^3	5,5
Bs/ estudiante/año	5,5

La depreciación que permite calcular el costo mínimo de un m^3 de *agua segura*, por mes, es de 5,5 Bs; asimismo, el aporte de cada estudiante por año es de 5,5 Bs.

d) Pozos seguros y sellados con balde manual PVC

Para la evaluación de los costos que implican el consumo de agua de un pozo seguro y sellado con balde manual, se consideró la depreciación del pozo, del balde, la guía y un costo de mantenimiento de 24 Bs por año (Cuadro 25). Con estos antecedentes, se calcula un costo anual de 112,5 Bs y mensual de 11,4 Bs.

Cuadro 25. Costo mensual de funcionamiento y depreciación del sistema en Bs.

Detalle	Costo de implementación	Depreciación (años)	Costo anual (Bs)	Costo Mensual (Bs)
Pozo seguro sellado	1670,2	20,0	83,5	6,9
Balde manual PVC + tubo guía	145,0	5,0	29,0	2,4
Costo de mantenimiento			24,0	2,0
Total Bs	1815,2		112,5	11,4

Como se puede observar en el cuadro 26, el costo del m^3 de *agua segura* provisto con el sistema es de 112,5 Bs/ m^3 y 11,4 Bs/ m^3 por mes.

Cuadro 26. Costo por m^3 de Agua Segura (Bs/ m^3)

Número de estudiantes	15
Consumo por persona lt/mes	8
Consumo total (m^3)	2,64
Costo Bs/m^3	4,3

El costo de agua segura del sistema es de 4,3 Bs/ m^3 , es alto en relación a los otros sistemas debido al costo que se tiene por el mejoramiento del pozo y la poca cantidad de agua que utiliza en la unidad educativa. A fin de reducir el costo del agua se debe utilizar este recurso en el riego de cultivos hortícolas, permitiendo la producción de alimento y la generación de recursos económicos para la escuela.

e) Tecnología: bombeo fotovoltaico

El sistema de agua segura por bombeo fotovoltaico, para su funcionamiento cuenta con sistema fotovoltaico, bomba sumergible, sistema de almacenamiento, sistema de distribución

con medidores, además, tiene un costo de mantenimiento mensual y un costo de servicios prestados cancelados a un administrador y un operador por un monto total de 160 Bs/mes. En el cuadro siguiente se muestra el costo mensual, considerando los costos de funcionamiento, operación y depreciación del sistema.

Cuadro 27. Costo mensual de funcionamiento y depreciación del sistema en Bs.

Detalle	Costo de implementación	Depreciación (años)	Depreciación anual (Bs)	Costo Mensual (Bs)
Sistema fotovoltaico	35000	15	2333,3	194,4
Bomba sumergible	14000	10	1400,0	116,7
Sistema de almacenamiento	140000	30	4666,7	388,9
Sistema de distribución con medidores	70000	12	5833,3	486,1
Costo de mantenimiento				100
Administrador y operador				160
Total Bs				1446,1

Como se puede observar en el cuadro anterior, el costo mensual necesario del sistema es de 1446,1 Bs.

Cuadro 28. Costo por m³ de agua segura (Bs/ m³)

Número de familias	19
Consumo por familia m3	3
Consumo total m3	57
Costo de depreciación y mantenimiento Mensual	1446,1
Bs/m3	25,4

El costo mínimo que tendrá el m³ de *agua segura* obtenido con el sistema fotovoltaico es de 25,4 Bs. Este monto permitiría con el actual número de beneficiarios el funcionamiento y la reposición del sistema en el tiempo.

4.3.5.2. Relación de aportes por consumo de agua vs costo de mantenimiento y reposición

Un aspecto importante para la sostenibilidad de los sistemas de *agua segura* son los aportes económicos de los usuarios para el mantenimiento y la reposición del sistema en el tiempo. Para este fin, los proyectos ejecutados por Soluciones Prácticas han implementado los Comités de Agua Potable y Saneamiento, especialmente en los sistemas comunales como en San Buenaventura – Altamarani. Asimismo, son importantes los aportes para los sistemas implementados en las unidades escolares en Villa Tunari.

- a) El costo de consumo de *agua segura* del sistema de **pozos seguros y sellados con bomba tipo yacu y bebedero** es de 26,3 Bs/mes, monto que cubriría el mantenimiento del sistema y su reposición.
- b) En el sistema de *agua segura* **pozos seguros y sellados con bomba tipo palanca** el costo de agua es 30,1 Bs/mes.

En los sistemas familiares (a y b) no hay un aporte económico real que permita contar con fondos para el mantenimiento y la reposición del sistema, de acuerdo a los años de depreciación, por lo que la estrategia a seguir debe ser el uso de agua en producción agrícola o ganadera. Un ejemplo es la inclusión del costo del consumo de agua en los costos de producción de la leche, especialmente en los municipios de Collana y Colquencha.

Durante las entrevistas a los productores de leche de las comunidades de Collana y Colquencha se pudo determinar:

- “El proyecto había capacitado a personas de la comunidad para la realización de mantenimiento de las bombas tipo yacu. Estas personas no se encuentran ya en la comunidad” (Epifanio Pozo. Centro de Producción de Leche Machacamarca).
- Una de las principales fallas que se pudo detectar es el ajuste de la goma de bombeo, la cual provoca que la bomba se vuelva dura, dificultando la extracción de agua y en algunos casos imposibilita esta acción. Al respecto, Don Erasmo Quispe manifestó que un mantenimiento completo de la bomba, que incluye el ajuste de la goma de bombeo, le ha costado 25 Bs. Sin embargo, mencionó “Vi cómo se hizo este mantenimiento y aprendí” Resaltó que no es difícil y que él solo lo hará la siguiente vez.

El mantenimiento está condicionado a la necesidad, la oportunidad y el mínimo costo. Es decir, la familia tiene **necesidades básicas** de consumo de *agua segura*. Para satisfacer la necesidad el productor tiene la **oportunidad** de uso de dos fuentes de agua a través de la red de distribución del pozo comunal, por grifo y otros del pozo familiar con bomba manual, además, estas fuentes pueden proporcionar agua para el ganado, aunque de la red comunal está prohibido o tiene un **costo** adicional. El mantenimiento de la bomba y el pago mensual por consumo de agua de la red comunal representa un “doble costo”. Al respecto, el productor opta por la fuente que requiere menor tiempo para la obtención de agua, en este caso es el grifo, mientras no se le cobre el costo adicional por uso de agua para el consumo del ganado.

Don Erasmo Quispe manifestó que por el momento está pagando por consumo de agua del grifo 20 Bs/mes; sin embargo ya le han dicho que tiene que pagar 50 Bs/mes por el consumo de agua para el ganado. Ante esta situación, hizo realizar el mantenimiento general de la bomba cuyo costo le ha representado 25 Bs/mes. Don Erasmo contó que ahora podrá dar *agua segura* del pozo familiar al ganado e incrementará el número de cabezas de vacas lecheras, con lo que espera incrementar la producción de queso.

Otro factor que ha propiciado la necesidad de hacer mantenimiento de las bombas, es el quemado del motor de la bomba a causa de un rayo, lo que está originando que el agua que se distribuye a la comunidad solo provenga de un pozo, por lo que el recurso es racionado. El costo de mantenimiento de esta bomba es aproximadamente de 7.000 Bs, el cual debe ser prorrateado a los usuarios, lo cual representa a 250 Bs/fría (Gilberto Rojas. Collana).

Un impacto del sistema de *agua segura* a través de pozos seguros sellados con bomba tipo yacu o palanca y bebedero es que no está siendo utilizado a su máximo potencial, lo cual podría incrementar la cabeza de ganados por familia y por ende la producción de leche. Debido principalmente, a que este recurso no es el único factor que se requiere para la producción de leche, sino también se requiere manejo, forraje, productos veterinarios y mano de obra, aspectos que limitan el incremento de cabezas de ganado.

c) Pozos seguros y sellados con bomba eléctrica

Un análisis del costo real que representa el consumo de *agua segura* por cada estudiante se determina a partir del siguiente cálculo:

Costo mensual de mantenimiento y reposición del sistema anual:	525,5 Bs
Número de estudiantes en la unidad educativa:	90 estudiantes
Aporte mensual por estudiante:	5,8 Bs

Debido al carácter social que tiene una unidad educativa y las obligaciones que tienen la Junta de Padres y el Gobierno Municipal, los costos se han dividido entre estas dos instituciones, siendo asumido el costo de la electricidad por parte del Gobierno Municipal, y el mantenimiento y reposición de la bomba por parte de la Junta de Padres.

En la Unidad Educativa Puerto San Francisco, la Sra. María Cayo mencionó “La Bomba que actualmente se encuentra en el sistema es una nueva que han comprado los padres de familia, después de 2 años que duró la anterior. La electricidad paga el gobierno municipal”.

En la unidad educativa de la Comunidad Gualberto Villarroel, la Sra. Nancy Gálvez manifestó “Esta es la segunda bomba que compran los padres de familia, ya que se ha quemado dos veces. En la unidad educativa se desarrollan actividades del sindicato y otras de la comunidad, por lo que la Bomba trabaja también en estas oportunidades”.

De la información recabada en la Unidad Educativa Puerto San Francisco se pudo deducir que los padres de familia hacen un aporte de 5 Bs/año, que representa un total de 450 Bs teniendo un déficit de 75,5 Bs/año; sin embargo, las bombas son adquiridas por el sindicato de la comunidad, lo cual reduce el costo anual por consumo de agua, por lo que la recaudación de 450 Bs resulta tener un saldo positivo de 310 Bs/año.

La estrategia de distribución de los costos de operación y mantenimiento del sistema de *agua segura* en las unidades educativas le ha permitido operar con normalidad, proporcionando a los estudiantes *agua segura*, asimismo, la recaudación de fondos aportados por los padres de familia permite el mantenimiento del sistema y principalmente la reposición del mismo en el tiempo.

d) Pozos seguros y sellados con balde manual PVC

En la Unidad Educativa San Pedro B, donde hay 15 estudiantes, el costo de mantenimiento y reposición del sistema deberá ser cubierto con aportes de los padres de familia. El cálculo de aportes se presenta a continuación.

✓ Costo mensual de mantenimiento y reposición del sistema:	11,4 Bs/mes
✓ Número de estudiantes en la unidad educativa:	15,0 estudiantes
✓ Aporte mensual por estudiante sería:	0,76 Bs

En este tipo de sistema no hay aportes que realizan los alumnos por consumo de agua, lo cual pone en riesgo el mantenimiento del sistema y su reposición en el tiempo.

e) Tecnología: Bombeo fotovoltaico

En la comunidad de Altamarani del Municipio de San Buenaventura se implementó un sistema de bombeo fotovoltaico, donde los aportes de las familias que habitan la comunidad, deben prever el mantenimiento y la reposición del sistema.

Los aportes por el consumo del agua (3m³ /familia) considerando los costos de depreciación y mantenimiento deberán ser:

Costo mensual de mantenimiento y reposición del sistema	1008,6 Bs/mes
Número de familias que consumen agua del sistema:	19,0 familias
Aporte mensual por familia sería:	53,1 Bs/mes

En la actualidad las familias están aportando 5 Bs/ m³ por consumo de *agua segura*, con un consumo promedio de 3 m³ /familia, lo cual permite recaudar 15 Bs/mes/familia, esto representa un monto total de 285 Bs/mes, siendo este inferior en un 71,7%.

4.3.6. Bajos costos por consumo de agua de pozo ponen en desventaja el mantenimiento de Q'otañas

El análisis de los impactos de las Q'otañas se realiza de manera separada, debido a que este sistema tiene objetivos que consideran diferentes objetivos y actividades que integran a comunidad. En la construcción participa la comunidad para consolidar sus derechos sobre la infraestructura y el agua que almacena.

De acuerdo a Rodríguez A. F. (2010), en el momento en que se ejecutó el proyecto, la comunidad de Incamaya contaba con agua en ciertos periodos del año. En la época de estiaje había escases de este recurso, tanto para el consumo humano y para continuar con las actividades agrícolas y pecuarias, en cuya época las únicas fuentes de agua son norias (pozos descubiertos) excavadas, en las que se capta y almacena agua, sin embargo, estas norias se presentan como fuentes de contaminación y proliferación de parásitos que afectan a la ganadería local, generando una baja producción e incrementando los gastos en medicamentos para atender las diversas enfermedades de sus ganados vacunos y ovinos.

Las Q'otañas existentes en su momento no presentaban ningún tipo de manejo, por lo tanto estaban expuestas a la contaminación del agua que ponía en riesgo la salud del ganado y de los pobladores de la comunidad. Por esta razón el proyecto se planteó para mejorar la Q'otaña, por ende garantizar la disponibilidad de agua para consumo de 200 bovinos, 400 ovinos de 60 familias de la comunidad de Incamaya del Municipio de Collana, para fortalecer y reducir los efectos adversos del cambio climático.

Para este fin se acondicionó la Q'otaña para almacenar agua, con una capacidad útil de 3000 m³, provista de obras civiles complementarias: canales colectores, cámaras sedimentado ras, canal de ingreso, vertedor de excedencias, sistema de desfogue, zanjas de coronamiento y cinturones de seguridad en el talud externo frontal, bebederos y cerco perimetral. La dotación del *agua segura* y oportuna para el consumo animal se realizó a través de un sistema de desfogue de 2" por gravedad, controlada por una cámara de llave con desfogue directo a los bebederos según necesidad. El costo del mejoramiento de la Q'otaña fue de 25.268,5 Bs.



Fuente: Soluciones Prácticas

Los derechos del agua se acreditan a través de la participación de la familia en los trabajos de mejoramiento con mano de obra, acción que consolida su derecho de acceso al consumo de

agua para el ganado. Asimismo, se estableció que el mantenimiento de las obras civiles (canal colector, cámaras de sedimentación, etc.) sería responsabilidad de todos los beneficiarios y de sus autoridades locales.

Algunos de los resultados de las entrevistas en relación a las Q'otañas fueron:

- ✓ “En momentos de emergencia se lleva al ganado al río o a las Q'otañas, las cuales sirven para el consumo animal, no se utiliza para el consumo humano. Las Q'otañas se han mejorado trabajando en acción comunal, ahí también se lleva el ganado en emergencias porque esa agua es contaminada, el ganado toma agua y también hace sus necesidades” (Guillermo Paiva)
- ✓ “Antes cuando no había pozos sellados con tapa, el ganado tomaba agua de los niños y de las Q'otañas «esas aguas estancadas»” (Héctor Bustos).

Como se puede observar a partir de las entrevistas, en la actualidad el agua de las Q'otañas está relacionada con contaminación, con emergencia, con mala calidad que no puede ser consumida por los humanos. Este hecho se debe a que ahora tienen diferentes opciones de las cuales se puede conseguir *agua segura*, como son los pozos comunitarios y los pozos familiares, los cuales abastecen de sobremanera las necesidades agua para el consumo humano y del ganado.

En el siguiente cuadro se presenta los costos de oportunidad por la obtención de agua para el consumo humano y del ganado.

Cuadro 29. Costos de oportunidad de obtención de agua de diferentes fuentes

Fuente	Disponibilidad de agua	Calidad del agua	Costo Bs/mes
Red de agua de pozo comunitario	Más de la demanda para el consumo humano	Agua segura	25
Red de agua de pozo comunitario	Más de la demanda para el consumo humano y para el consumo del ganado	Agua segura	50
Pozo familiar seguro y sellado con tapa y bomba tipo yacu y palanca	Más de la demanda para el consumo humano y para el consumo del ganado	Agua segura	26
Agua de la Q'otaña (mantenimiento 2 jornales. Salario mínimo 1805 Bs/mes)	Insegura	Mala calidad	164
Agua del río	Disponible	Mala calidad	0

Como se observa en el Cuadro 29, las fuentes de los pozos tanto comunitarios como familiares tienen un mejor costo de oportunidad para las familias, ya que de estas obtienen *agua segura* en cuanto cantidad y calidad. Mientras que las Q'otañas requieren de inversión de tiempo de

dos días, lo que equivale a 164 Bs (dos jornales) tiempo que no garantiza la disponibilidad de agua, ni la calidad de la misma.

Se pudo evidenciar que el trabajo en la Q'otaña es equitativo, sin embargo, en lo que refiere a la tenencia de ganado el trabajo es diferenciado, por lo que es muy común escuchar en personas de la comunidad que los que tienen más ganado deben trabajar más en el mantenimiento de la fuente de agua. Esta situación se convierte en un problema social que no se ha solucionado hasta el momento, razón por la cual las Q'otañas visitadas en las comunidades de Hichuraya Chico no están mantenidas, una tiene desmantelada el perímetro de seguridad y erosión de los taludes, la otra de Incamaya, también presenta mal estado en el perímetro de seguridad, además de daños en el tubo de desagüe y erosión de sus taludes.

Las Q'otañas en la comunidad son una forma de cosechar agua de lluvia, por ende cumplen una función especial en momentos de sequía, proporcionando 3000 m³ de agua para el consumo de 200 cabezas de ganado por 45 días. Sin embargo, los productores no invierten en el mantenimiento de las Q'otañas debido al tiempo que requieren para el traslado de los animales a estas fuentes de agua, además de considerar que en las zonas donde se construyeron no existe la disponibilidad de forraje que permita la alimentación adecuada del ganado. Un factor relevante para el poco uso de estas fuentes de agua es la disponibilidad de *agua segura* que tienen las familias a través de los pozos, los cuales también abastecen para el consumo del agua del ganado.

4.3.7. Síntesis de los impactos observados con la implementación de sistemas de *agua segura*

- √ Con la implementación de los sistemas de *agua segura* y otros proyectos anteriores y posteriores que han perforado pozos en los municipios de intervención se ha logrado un **impacto positivo previsto**, que es el acceso de las familias y unidades educativas a *agua segura* en calidad y cantidad suficiente. Ahora las comunidades disponen y tienen acceso a *agua segura* de pozos seguros y sellados con tapa que proporcionan agua en cantidad y calidad, requerida para el consumo humano y del ganado. Por el tiempo de recarga las familias, estudiantes y ganado pueden tener acceso al *agua segura* las 24 horas del día.
- √ Los sistemas de *agua segura* han creado un **impacto positivo previsto** con la implementación de pozos seguros, sellados con tapa y bombas tipo yacu y de palanca, los cuales han mostrado su resistencia ante inundaciones, por lo que se han reducido los costos de mantenimiento que se tenían cuando los pozos no eran revestidos y protegidos con anillas y tapa.

- √ Los sistemas de *agua segura* han generado impactos **positivos no previstos** como la diversificación de las actividades productivas, fruto de la disponibilidad de agua para el consumo animal. Los pozos construidos por el proyecto tuvieron el objetivo de proveer agua a las familias, pero además al proveer de este recurso al ganado bovino se incrementó la producción de leche, lo cual originó la diversificación de la producción de derivados de la leche; queso y yogur en algunos casos. Los pozos comunales solo tenían un objetivo del consumo humano. Otro factor que se añade a lo mencionado es que la disponibilidad de *agua segura* ha disminuido las enfermedades producidas por el consumo de agua contaminada por microorganismos y ha reducido los costos de desparasitación del ganado.
- √ La mayor participación de la mujer en procesos de desarrollo ha sido otro impacto **positivo no previsto** que se originó producto de los sistemas de *agua segura*, ya que el incremento de la producción de leche ha propiciado la participación activa de la mujer en la elaboración y comercialización de quesos, cuya actividad le ha permitido obtener recursos económicos para la familia. Este hecho ha valorizado su participación en espacios de toma de decisiones y de planificación, tanto a nivel familiar como en la comunidad.
- √ En la evaluación de los impactos de los sistemas de *agua segura* se pudo determinar un **impacto negativo previsto**, el cual es que los bajos costos por consumo de agua no cubren el costo del sistema, debido a que los comités de agua al contar con una oferta en volúmenes de agua que superan las necesidades requeridas por las familias y el ganado, establecieron bajos costos por consumo de agua, sin considerar los costos de mantenimiento y de reposición de los sistemas, los cuales se deprecian año tras año, poniendo en riesgo el mantenimiento y la reposición del sistema. Los bajos costos por consumo de agua son producto de una actitud que toman los comités de agua cuando se tiene excedentes de este recurso y lamentablemente es establecido por los usuarios. Cuando el sistema se daña o deja de funcionar los comités solicitan apoyo a los gobiernos municipales u otras instituciones, o bien vuelven a las fuentes tradicionales de agua de mala calidad.
- √ Finalmente, un Impacto **negativo no previsto** es que los bajos costos por consumo de agua de pozo han creado desventaja respecto al mantenimiento de Q'otañas. En otras palabras, la disponibilidad de agua de varias fuentes de *agua segura*, como pozos comunales y familiares provoca que este recurso cubra las necesidades de las familias y del ganado con bajos costos de oportunidad en relación al costo que representa realizar el mantenimiento de las Q'otañas, cuya cantidad de agua es impredecible, ya que dependerá de las lluvias que permitan la recarga de esta fuente.

4.4. Evaluación de la eficacia

La evaluación de la eficacia consideró el cumplimiento de los objetivos generales y específicos previstos en el diseño del proyecto, considerando además las metas y actividades. Los objetivos de los sistemas de *agua segura* se pueden sintetizar en:

Proveer de *agua segura* para el consumo humano y animal

Los sistemas de *agua segura* han demostrado ser eficaces, considerando los siguientes aspectos:

- ✓ Proveen *agua segura* para el consumo humano y animal, ya que debido a su sistema de protección sellado y con tapa evitan la contaminación por agentes externos (polvo, animales, insectos y otros) además, su protección evita la destrucción del sistema en momentos de inundación.
- ✓ Permite el acceso de *agua segura* en calidad y cantidad suficientes, que permiten satisfacer las necesidades del consumo humano (15 lt/persona/día), por estudiante (2,25 a 8 lt/estudiante/día) y para el consumo animal (35 lt/cabeza/día).
- ✓ Por el tiempo y el volumen de recarga en los pozos seguros y sellados se tiene excedentes de *agua segura* que permiten propiciar o incrementar el uso para el consumo humano, o para el desarrollo de actividades económicas familiares

Como se puede observar los sistemas de *agua segura* satisfacen las necesidades del consumo humano y del ganado, sin embargo, estos pozos aún no han sido aprovechados en su verdadero potencial, debido a otros factores inherentes a la diversificación económica, ya que los emprendimiento no solo dependen de agua sino de otros insumos y recursos.

4.5. Evaluación de la eficiencia

Por las características de los proyectos y de los sistemas de *agua segura*, la eficiencia de los sistemas se analizó a través de los indicadores de costos medios (Ferro, G. et. al, 2011). Estos son cocientes entre costos totales y producción que consideran la siguiente relación:

Costo medio por unidad de producto = Costo total / metros cúbicos entregados.

El análisis del costo medio se comparó en dos momentos; sin y con proyecto. Asimismo, se realizó un análisis de costo de oportunidad definido como “Aquel costo en que se incurre al tomar una decisión y no otra. Es aquel valor o utilidad que se sacrifica por elegir una

alternativa A y despreciar una alternativa B. Tomar un camino significa que se renuncia al beneficio que ofrece el camino descartado¹²”

Con las consideraciones expuestas anteriormente se tienen los siguientes resultados:

Pozo seguro sellado con tapa y bomba tipo yacu o palanca

Este sistema implementado para el consumo familiar tiene un costo menor de 2.2 Bs/ m³ de *agua segura* en relación a la opción de *agua segura* distribuida por la red de distribución de la comunidad del pozo comunitario 4.0 Bs/m³. Se asume que la familia tiene un hato ganadero menor a 8 cabezas, lo que implica que el ahorro por m³ de *agua segura* es de 1.9 Bs/m³; sin embargo, cuando las familias tienen mayor número de cabezas la comunidad no permite el uso de agua de la red, por lo que no es posible proporcionar agua al ganado de esta fuente. En este caso el pozo familiar es la opción que tiene el ganadero para proporcionar agua al ganado con un costo menor 1.1 Bs/ m³. A medida que se incrementa el volumen de agua extraído del pozo es menor el costo debido a que el costo de mantenimiento y reposición del sistema no varía con el volumen de agua extraído del pozo. Cuando la familia tiene mayor número de cabezas de ganado su mejor opción es usar agua del pozo familiar, siendo este el que tiene mayor eficiencia (Cuadro 30).

**Cuadro 30. Diferencia en el costo de agua segura por m³ con y sin proyecto
(Pozo seguro y bomba tipo yacu o tipo palanca)**

Detalle	Consumo familiar + 8 cabezas de ganado		Consumo familiar + 20 cabezas de ganado	
	Sin Proyecto	Con Proyecto	Sin Proyecto	Con Proyecto
Consumo de <i>agua Segura</i> familiar (m ³ /año)	27,0	27,0	27,0	27,0
Consumo de <i>agua Segura</i> para el ganado 8 cabezas (m ³ /año)	122,4	122,4	258,0	258,0
Consumo de <i>agua Segura</i> Total (m ³ /año)	149,4	149,4	285,0	285,0
Aporte por consumo (Bs/año)	600,0	318,0	No permitido	318,0
Costo por m ³ de agua Segura	4,0	2,1	-----	1,1
Diferencia en el costo con y sin proyecto		1,9		1,1

¹² Gerencia.com (2008). http://www.gai-sa.com/el_verdadero_costo.pdf

Durante las visitas a las comunidades se pudo observar que algunos productores que tienen menos de 8 cabezas de ganado usan agua de la red para proporcionar este insumo al ganado, esta situación les permite ahorrar tiempo y esfuerzo. El costo normal que aportan las familias por uso de agua de la red para consumo humano es de 25 Bs/mes, pero este se incrementa cuando el agua es utilizada para el consumo animal (menos de 8 cabezas) a 50 Bs/mes. Es decir, es más fácil dar agua al ganado mediante la conexión de una manguera al grifo de distribución de agua de red comparado con el tiempo que demanda (de 40 a 50 min) para bombear agua del pozo al bebedero.

Este hecho cambia cuando el ganadero tiene mayor número de cabezas de ganado (mayor a 8) situación en la cual la comunidad no le permite usar agua de la red para el consumo del ganado, por lo que el agua proveniente del pozo es la que usa y la que le permite incrementar el número de cabezas de ganado, por ende el incremento en la producción de leche. En ambos casos el productor analiza los costos de oportunidad tomando en cuenta tiempo y número de cabezas de ganado.

El análisis de eficiencia de los sistemas de *agua segura* con pozos seguros y sellados con bomba eléctrica implementada en las unidades escolares de las comunidades de Villa Tunari, se desarrolló considerando dos ejemplos: uno con 90 estudiantes en la Unidad Educativa Puerto San Francisco y otro con 25 estudiantes en la Unidad Educativa Villa Jordán.

En el Cuadro 31 se puede observar que el consumo de agua en la Unidad Educativa San Francisco es de 1,9 m³/año/alumno (8 lt/día/alumno) en ambos casos; sin y con proyecto. Sin proyecto el costo de acceso al agua era 0 Bs, mientras que este costo es de 2,3 Bs/m³/alumno, que corresponde a un aporte por alumno para el cambio de la bomba cada dos años.

Cuadro 31. Diferencia en el costo de agua segura por m³ con y sin proyecto (Pozo seguro y bomba eléctrica en la Unidad Educativa Puerto San Francisco)

Detalle	Consumo familiar	
	Sin proyecto	Con proyecto
Consumo de <i>agua segura</i> por 90 estudiantes (m ³ /año)	1,9	1,9
Aporte por consumo (Bs/año)	0,0	4,4
Costo por m ³ de <i>agua segura</i>	0,0	2,3
Diferencia en el costo con y sin proyecto en porcentaje		2,3

El análisis muestra que los aportes por consumo de agua por estudiante son mayores al anterior, dado que el número de estudiantes es menor y el costo de la bomba y la reposición no varía, lo cual hace que el costo del *agua segura* se incremente a 7.2 Bs/m³/alumno (Cuadro 32).

Cuadro 32. Diferencia en el costo de agua segura por m³ con y sin proyecto (Pozo seguro y bomba eléctrica en la Unidad Educativa Gualberto Villarroel)

Detalle	Consumo familiar	
	Sin proyecto	Con proyecto
Consumo de <i>agua segura</i> por 90 estudiantes (m ³ /año)	1,9	1,9
Aporte por consumo (Bs/año)	0,0	14,0
Costo por m ³ de <i>agua segura</i>	0,0	7,2
Diferencia en el costo con y sin proyecto en porcentaje		7,2

En ambos casos se puede observar que los padres de familia organizados de las Juntas Escolares están dispuestos a dar aportes para la reposición de la bomba de agua, a fin de garantizar el acceso a *agua segura*. La decisión de aportar o volver a las condiciones sin proyecto está condicionada a la calidad del agua, considerando que el pozo seguro y sellado proporciona agua de mejor calidad, hecho que ha sido valorado durante las entrevistas a padres de familia y profesores. Esta información permite definir que los pozos seguros y sellados con bomba eléctrica son más eficientes en comparación con los sistemas antes del proyecto.

Los costos del m³ de agua sin y con pozo seguro y balde en la Unidad Educativa San Pedro B, muestran que sin proyecto el costo del agua es cero y con proyecto se incrementa a 1,6. Este costo representa la obtención de agua de mejor calidad debido a la protección de la fuente de agua ante la contaminación.

Cuadro 33. Diferencia en el costo de *agua segura* por m³ con y sin proyecto (Pozo seguro y balde en la Unidad Educativa San Pedro "B")

Detalle	Consumo familiar	
	Sin proyecto	Con proyecto
Consumo mensual de agua por 15 estudiante (m ³ /año)	2,64	2,64
Aporte por consumo (Bs/año)	0	4,3
Costo por m ³ de <i>agua Segura</i> (Bs)	0	1,6
Diferencia en el costo con y sin proyecto en porcentaje		1,6

El mejoramiento del sistema de distribución de agua con panel solar fotovoltaico ha reducido el costo de agua en un 10,7 Bs/familia. El sistema con motor a diésel tiene costos adicionales para el funcionamiento, como el diésel y lubricantes, con un gasto de 45 lt/mes a 5 Bs/lt, asimismo, lubricantes como aceite y grasas por un monto de 40 Bs/mes. Además para este sistema se requiere transportar en motor fuera de borda el combustible y los lubricantes, que requiere un aporte mensual de 166,7 Bs/mes.

Cuadro 34. Diferencia en el costo de agua segura por familia con motobomba a diésel y con panel solar

Costo de mantenimiento	Costo de depreciación y mantenimiento mensual	
	Con panel solar	Bomba a gasolina
Sistema fotovoltaico	194,4	
Bomba con diésel		116,7
Bomba sumergible	116,7	
Sistema de almacenamiento	388,9	388,9
Diésel y lubricantes		440
Trasportes de diésel y lubricantes		166,7
Sistema de distribución con medidores	486,1	486,1
Costo de mantenimiento	100	60
Pago a ADM y Operador	160	
Total Bs	1446,1	1658,3
Familias	19	19
Aporte mensual/flia.....	76,5	87,3
Diferencia Bs	-10,7	

Como se observa en el cuadro anterior, los aportes del agua en ambos casos son de 5 Bs/m³, lo cual representa un aporte de 15 Bs/flia....., que implica un déficit de 80,4% en el caso de sistema fotovoltaico y 82,8% en el caso de bomba a diésel. Los costos de reposición más altos se encuentran en la infraestructura de almacenamiento y el sistema de distribución del agua, si estos no fueran tomados en cuenta para los seriales por consumo de agua por familia el déficit sería de 50,8% con sistema fotovoltaico y 63,6% con motor a diésel.

Una tarea a seguir es la reducción del déficit que permita cubrir los costos de reposición, operación y mantenimiento, para este fin el proyecto junto a la comunidad ha promovido un costo de 4 Bs/m³ a partir del 4 m³ de agua consumido. Por la cantidad de agua que se tiene en

el pozo es posible incrementar el número de familias en la comunidad u a otra cercana, de esta manera se incrementarían los aportes y se reduciría el déficit.

Cuadro 34. Diferencia en el costo de *agua segura* por familia con bomba y con Q'otaña

Detalle	Consumo familiar	
	Sin proyecto	Con proyecto
Consumo de <i>agua segura</i> familiar (m ³ /año)	27,0	27,0
Aporte por consumo (Bs/año)	60,0	48,0
Costo por m ³ de <i>agua segura</i>	2,2	1,8
Diferencia en el costo por m³ con y sin proyecto		-0,4

Desde el punto de vista económico, el almacenamiento de agua en **Q'otañas**, comparado con los otros sistemas, no es eficiente dado sus costos de mantenimiento (analizados anteriormente en los impactos) y la inseguridad del almacenamiento de agua provoca la poca calidad de la oferta de agua. Además de los problemas sociales que emergen por la inequidad de tiempo invertido en el mantenimiento para garantizar los derechos de agua equitativos frente a la tenencia de ganado mayor y menor por familia, junto al costo de oportunidad que representa un pozo familiar, hace que las Q'otañas no sean utilizadas. Pero por su diseño y el objetivo de cosechar agua y abastecer al acuífero, resulta en una obra de complementación necesaria y totalmente justificada desde el punto de vista de gestión de recurso hídrico en un microcuenca.

4.6. Evaluación de la sostenibilidad

Este segmento hace referencia a la continuidad en la generación de los beneficios de un proyecto. Se asocia con el mantenimiento de la capacidad de provisión de los bienes, servicios y el uso o utilización de éstos por parte de los beneficiarios (MMAyA, 2014). La sostenibilidad de los sistemas de *agua segura* fueron evaluados en relación a:

- Calidad y durabilidad de las obras.
- Autogestión (operación y mantenimiento, capacidad técnica y gerencial del operador, sostenibilidad financiera, etc.).
- Evaluación de riesgos ambientales.

Calidad y durabilidad de las obras

Los pozos seguros y sellados están contruidos con materiales de buena calidad, como las anillas reforzadas con fierro que protegen las paredes circulares del pozo de posibles derrumbes. Las anillas se encuentran sobre la superficie del suelo sellado al final con tapa de

concreto, lo que evita el contacto del agua con el ambiente, reduciendo la posibilidad de contaminación, la protección de accidentes de personas que pudieran caer al pozo y esencialmente esta estructura protege de daños por inundaciones. Las bombas tipo yacu y de palanca son de fierro pintados con pintura no corrosible. Los materiales de construcción y la función que cumplen permiten concluir que la calidad y la durabilidad permiten la sostenibilidad del sistema.

El pozo seguro y sellado con balde tiene los mismos principios que el anterior, sin embargo, el material del tubo PVC de conducción del balde, tiene un material que es durable si no se manipula constantemente y no es expuesto a accidentes como lo está el balde, el cual puede romperse en cualquier momento; sin embargo, el bajo costo y la fácil fabricación de la válvula hacen que este sistema sea sostenible en cuanto a la durabilidad.

El pozo sellado y seguro con bomba eléctrica es un sistema similar a los anteriores, con la diferencia de la bomba eléctrica, la cual está en riesgo de sufrir daños por descargas eléctricas naturales (rayos) y por sobrecarga de voltaje, lo que en muchos casos ha hecho que tenga una duración de dos años o que requiera su mantenimiento o reparación. Por el bajo costo, la Junta Escolar prefiere comprar una nueva bomba a hacer reparar la misma. Los aportes de los padres de familia para la reposición de las bombas eléctricas son un factor comunal en las unidades educativas de Villa Tunari, asimismo, el pago de la electricidad a cargo del Gobierno municipal muestra que este sistema es sostenible.

El sistema de bombeo fotovoltaico tiene una duración de 15 años, lo cual permite observar que su reposición debe realizarse a este tiempo. Su fácil mantenimiento y su poco requerimiento de mano de obra para su operación hacen que este sistema sea sostenible.

Autogestión (operación y mantenimiento, capacidad técnica y gerencial del operador, sostenibilidad financiera, etc.)

La evaluación de la sostenibilidad de los sistemas de *agua segura*, desde la autogestión, muestran que los sistemas de pozos seguros con bomba tipo yacu, palanca y balde son de fácil operación, solo requieren fuerza humana para su manejo. Al estar contruidos bajo principios básicos y con materiales de bajo costo y fácil acceso en el mercado hacen que el mantenimiento no requiera de conocimientos y destrezas extraordinarias, sino de una capacitación simple (que el proyecto dio a varios productores). Estos antecedentes permiten señalar que los pozos, antes señalados, tienen sostenibilidad por autogestión.

Los sistemas con bombas activadas por motor eléctrico y fotovoltaico no requieren de capacidades especiales para su operación, ya que solo se necesita activar el interruptor para

que la bomba succione el agua; sin embargo, si se requiere de capacidades y conocimientos especiales para el mantenimiento del motor eléctrico y del panel solar. Por esta razón, el proyecto capacitó a personas de la comunidad Altamarani para realizar el mantenimiento del panel solar y del sistema eléctrico. Un problema que se pudo evidenciar fue el desconocimiento de centros de venta en los cuales se pueda comprar repuestos para el panel

En cuanto al motor eléctrico, este ha sufrido daños por variación de voltaje, lo que provocó que el motor se quemara en dos comunidades. Por el costo bajo del motor y el reducido aporte económico que tiene que realizar un padre de familia, prefirieron comprar un motor nuevo antes de reparar el anterior, otra razón fueron los costos que pidieron los técnicos electrónicos. Como se puede observar, la sostenibilidad del sistema con motor es real, ya que se han repuesto tres bombas en dos unidades educativas. En cambio, la sostenibilidad del panel fotovoltaico aún no se puede definir, al ser este un nuevo sistema de agua.

Finalmente, las Q'otañas, por la mano de obra que requieren en su mantenimiento, el alto nivel de organización y concertación sobre su uso y manejo que se ha evaluado en el municipio de Collana, se podría concluir que no es sostenible si el sistema es comunitario y las familias tienen acceso a otras fuentes de agua de manera individual.

Evaluación de riesgos ambientales

Los sistemas de *agua segura* no generan impactos ambientales negativos por los materiales que se utilizan y las condiciones que se requieren para su operación y mantenimiento. Estos sistemas, por su estructura y construcción, proporcionan impactos positivos para el ambiente, ya que proveen agua de mejor calidad al evitar la contaminación de la misma.

La actividad de los pozos no pone en riesgo el equilibrio entre la extracción de agua y la recarga del acuífero, por su capacidad de auto recarga y por los usos que se le están dando, además, no se está produciendo una sobreexplotación que pueda causar el abatimiento de los acuíferos.

4.7. Pertinencia

Este segmento hace referencia a la medida en la que los objetivos de un proyecto son coherentes con las necesidades de los beneficiarios, el contexto local, municipal y departamental, y con las políticas públicas sectoriales del país (MMAyA, 2014). La pertinencia se evaluó: analizando:

- ✓ Relevancia dentro de las políticas y prioridades del sector
- ✓ Satisfacción de las necesidades y prioridades de los beneficiarios
- ✓ Gestión de los riesgos importantes

Los sistemas de *agua segura* tienen alta relevancia dentro de las políticas y prioridades del sector, ya que apoyan en la implementación de la política de agua en Bolivia, mencionada en la Constitución Política del Estado Plurinacional de Bolivia, el Plan de Desarrollo Económico Social 2016 – 2020, la Norma Básica 512 del Reglamento Nacional para el Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano, además del derecho humano al agua y al saneamiento establecido en Naciones Unidas.

Las necesidades y prioridades de las familias beneficiarias del proyecto en relación al acceso a *agua segura* para el consumo humano y del ganado bovino, han sido satisfechas con todos los sistemas de *agua segura* implementados con el proyecto, a excepción de las Q'otañas por causas ya analizadas anteriormente.

Los sistemas de *agua segura* son relevantes en cuanto a la gestión del riesgo se refiere, considerando que el sistema seguro y cerrado con tapa ha permitido reducir el riesgo de contaminación del agua que almacena en su interior, y durante la sequía (2016) ha demostrado su importancia en la dotación de agua para el consumo humano y animal.

Por lo anteriormente expuesto se puede decir que la implementación de los sistemas de *agua segura* ha sido de pertinente, fortaleciendo el desarrollo familiar y de las comunidades en las cuales fueron implementados.

5. Reflexiones sobre la problemática del agua y los sistemas evaluados

La evaluación de los sistemas de *agua segura* implementados por Soluciones Prácticas ha permitido establecer la importancia de estos en el manejo racional del agua. Si se combinan los sistemas de manera estratégica, tomando en cuenta las cuencas hidrográficas, se logra una adaptación al cambio climático.

En este sentido, se presenta una reflexión sobre el cambio climático y sus efectos en el ciclo hidrológico, posteriormente se propondrá una estrategia de implementación de los sistemas de *agua segura* bajo el enfoque de cuenca hidrológica.

5.1. Cambio climático y ciclo hidrológico del agua

El agua en cualquiera de sus estados (líquido, sólido o gaseoso) es de vital importancia para el bienestar de la humanidad; sin embargo, este recurso que se utiliza para el consumo humano, animal, para la producción de alimentos, y otras demandas de la población, además de las demandas de la flora, fauna silvestre y de ecosistemas que subsisten con agua dulce, está en

serio riesgo, debido a factores antrópicos que han propiciado la contaminación de fuentes de agua y el cambio climático que está reduciendo los glaciares, producto del calentamiento global.

En el informe del IPCC (2014), las proyecciones sobre el cambio climático durante el siglo XXI indican que:

- ✓ Se reducirán los recursos renovables de aguas superficiales y aguas subterráneas de forma sustancial en la mayoría de las regiones secas subtropicales (evidencia sólida, nivel de acuerdo alto), con lo que se intensificará la competencia por el agua entre los sectores (evidencia limitada, nivel de acuerdo medio).
- ✓ En las regiones secas actuales, es probable que la frecuencia de las sequías aumente al final del siglo XXI con arreglo al escenario RCP 8,5 (nivel de confianza medio). Por el contrario, las proyecciones indican que los recursos hídricos aumentarán en las latitudes altas (evidencia sólida, nivel de acuerdo alto).
- ✓ Las proyecciones apuntan a que el cambio climático hará que disminuya la calidad del agua bruta y generará riesgos para la calidad del agua potable incluso con el tratamiento convencional, debido a los factores que interactúan: aumento de la temperatura; aumento de las cargas de sedimentos, nutrientes y contaminantes debido a las fuertes lluvias; mayor concentración de contaminantes durante las sequías; e interrupción del funcionamiento de las instalaciones de tratamiento durante las crecidas (evidencia media, nivel de acuerdo alto).
- ✓ Las técnicas de gestión adaptativa de los recursos hídricos, entre ellas la planificación de escenarios, los enfoques basados en el aprendizaje y las soluciones flexibles y de bajo riesgo, pueden ayudar a crear resiliencia para los cambios e impactos hidrológicos inciertos causados por el cambio climático (evidencia limitada, nivel de acuerdo alto).

5.2. Cambios en el ciclo hidrológico

En la actualidad, las fases del ciclo hidrológico: precipitación, evaporación, transpiración, infiltración, condensación, escorrentía circulación subterránea, fusión y solidificación, (figura 1), están sufriendo cambios debido a acciones antropogénicas que se inician, sin duda alguna, con la emisión de gases de efecto invernadero, deforestación entre otras acciones antrópicas que están provocando el calentamiento global y el cambio climático, cuyo efectos inmediatos se presentan en la variabilidad climática.

Figura 2. Ciclo hidrológico



https://www.google.com/search?q=ciclo+del+agua&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjDy9_wzbtTAhWBLyYKHRwQD5AQ_AUICgB&biw=1281&bih=641#imgsrc=Y7U6rRTgGDhUwM:

Estos cambios se manifiestan en las siguientes fases del ciclo hidrológico del agua:

- Transpiración
- Derretimiento de glaciares
- Reducción en las precipitaciones pluviales
- Incremento de la evaporación del agua
- Incremento de la demanda del agua
- ¿El agua es un recurso renovable?

La evaluación de cambios en algunas fases del ciclo hidrológico, su problemática y solución debe ser analizada desde la visión de cuenca, considerando las condiciones geográficas de la cuenca, los usos y costumbres del agua. A continuación, se ponen de ejemplo algunos cambios que se han estado dando de manera general en Bolivia.

5.2.1. Transpiración

Las funciones ambientales de los bosques, como la transpiración que se realiza a través de los árboles, están siendo mermadas debido a la deforestación que se vino dando en Bolivia en las últimas décadas. Así, en el periodo del 2000 al 2010, en Bolivia se ha deforestado 1.8 millones de hectáreas, con una pérdida de bosque de 195 mil hectáreas de bosque por año, a una tasa de deforestación de -0.67 ha/año en el período antes mencionado (FAM – Bolivia, 2012). La deforestación se realiza principalmente para el aprovechamiento irracional e insostenible de los recursos maderables, para la expansión de la frontera agrícola y la producción ganadera, lo cual incide drásticamente en la vocación del suelo. Este es el primer factor que afecta directamente a la fase de transpiración dentro el ciclo hidrológico del agua; sin embargo, este tiene otros efectos colaterales como el incremento de la escorrentía que genera erosión del suelo e inundaciones.

5.2.2. Derretimiento de glaciares

El derretimiento acelerado de los glaciares por efectos del incremento de la temperatura, debido al calentamiento global se ha acelerado, Bolivia posee alrededor del 20% de los denominados “glaciares tropicales” del mundo, los cuales han disminuido en un 43% desde mediados de la década de los 1980, se calcula que a finales de siglo estos glaciares disminuirán dramáticamente¹³. Uno de los primeros impactos en el ciclo hidrológico es la disminución de las recargas que los deshielos periódicos de manera natural ocurrían ancestralmente aportando agua año tras año a diferentes fuentes de agua como son los ríos, lagos, lagunas, además, de aportar al agua subterránea debido a la escorrentía y a la infiltración. Otro factor es la generación de lluvias fruto de la evaporación.

Actualmente, el acelerado deshielo está ocasionando desequilibrios que se pueden ver en incrementos de las inundaciones, fruto de riadas en las zonas altas. A largo plazo los aportes naturales a las fuentes de agua se verán reducidas, lo que reducirá la disponibilidad de agua de zonas urbanas y rurales que habitan sus cercanías. Así por ejemplo, en Bolivia a lo largo del año, los glaciares aportan alrededor del 15% del agua potable, pero esta proporción prácticamente se duplica durante la estación seca, entre mayo y octubre.

5.2.3. Reducción en las precipitaciones pluviales

El Quinto Informe del IPCC (2014) muestra las evidencias científicas más relevantes en relación al cambio climático, en las cuales se incluyen las tendencias observadas, así como las consecuencias que los escenarios futuros pueden tener sobre los riesgos naturales. Estas muestran un incremento de fenómenos naturales adversos de orden meteorológico e hidrológico como son: sequías, lluvias fuertes, olas de calor y ciclones tropicales.

La variabilidad en las precipitaciones pluviales, que se vino dando en las últimas décadas en Bolivia, tiene un primer impacto en el ciclo hidrológico del agua, creando incertidumbre en las recargas de las fuentes de agua (represas, lagos, lagunas, bofedales), así como en la planificación de siembras de cultivos, especialmente en las zonas en las cuales la producción agrícola se realiza a secano.

La escasa precipitación registrada en la gestión 2015, especialmente en el altiplano (La Paz, Oruro y Potosí) y en el Valle de Cochabamba no permitió la recarga normal de bofedales y de represas que se encuentran en estos departamentos. Así, se pudo evidenciar niveles bajos en las represas de la Angostura en Cochabamba, la represa Tacagua en el departamento de Oruro, en las represas de Hampaturi, Incachaca, Milluni, Zongo, entre otros cuyo líquido vital es destinado al consumo humano, animal y riego. Este hecho no garantizó la normal distribución de agua en las principales ciudades de Bolivia como son: la ciudad de La Paz, El Alto, Potosí, las cuales han sufrido un racionamiento de este líquido vital y en muchos casos la

¹³ https://www.vice.com/es_co/article/el-cambio-climatico-esta-convirtiendo-los-glaciares-de-bolivia-en-bombas-de-tiempo. El cambio climático está convirtiendo los glaciares de Bolivia en bombas de tiempo.

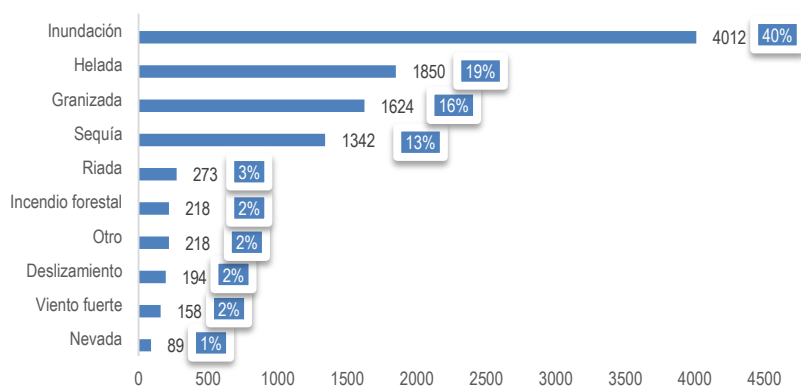
distribución se realizó a través de cisternas. Asimismo, se pudo verificar niveles bajos en ríos del departamento de Potosí, como es el caso del Río San Juan del Oro.



De igual manera los bofedales y la producción de forrajes en las praderas nativas no tuvieron un normal desarrollo como se esperaba, debido a la escasa lluvia registrada, se pudo observar bofedales en proceso de sequía. De acuerdo a entrevistas con pequeños ganaderos del departamento de Oruro y Potosí, se prevé que en 2017, en la época de estiaje, faltará alimento para el ganado, lo que pone en serio riesgo a la producción ganadera de la región altiplánica, especialmente al ganado camélido, cuya producción es base de la economía y de los medios de vida de pobladores que habitan comunidades altamente vulnerables.

Por otro lado, la falta de precipitación pluvial se traduce en sequías frecuentes que afectan al ciclo hidrológico del agua, por ende seriamente a la producción de cultivos. Durante el período 2005 -2015, el SINAGER registró 9.978 reportes de diferentes fenómenos adversos siendo los más relevantes las inundaciones, las heladas, granizadas y sequías con 4.012, 1850, 1624 y 1342 reportes respectivamente (Figura1).

Figura 1. Numero de reportes por fenómeno natural adverso (2005 - 2015)



Fuente: Con base a información del SENAGER-SAT 2005 -2015

Durante el periodo analizado, 2005 - 2015 (11 años), las inundaciones se presentaron durante 10 años a excepción del año 2009, mientras que las sequias en ocho años en sus diferentes tipos, las más fuertes fueron registradas en las gestiones 2009, 2010 y 2013.

Una de las sequías más fuertes que se registró en Bolivia fue la que comenzó en mayo 2015 hasta la fecha (marzo 2017), se registraron precipitaciones deficitarias en relación a las normales, ocasionando una sequía meteorológica, que pasó pronto a sequía agrícola e hidrológica.

Los impactos de la sequía, fruto de la variabilidad climática, se evidenciaron en los medios de vida, especialmente en la producción agrícola. El cultivo de quinua fue el primer afectado, habiéndose sembrado en agosto del 2015 con déficit de precipitación pluvial que mermó el rendimiento en un 31% en el departamento de Oruro en relación a la campaña anterior. En general, a nivel nacional la producción de quinua se redujo en un 22.5% en relación a la producción obtenida durante la campaña agrícola del 2014 - 2015, que fue de 89.000 Tn mientras que en la campaña 2015 - 2016 se produjo 69.000 Tn de quinua. Durante la campaña agrícola 2015 - 2016, en Bolivia se estimaba sembrar 3.828.000 hectáreas de tierra de diferentes cultivos (papa, trigo, cebada, hortalizas, entre otros), para producir aproximadamente 18 millones de toneladas de alimentos, sin embargo, la sequía produjo pérdidas superiores al 25%, que representa un aproximado de 4,5 millones de toneladas de alimentos (MDRyT, 2015).

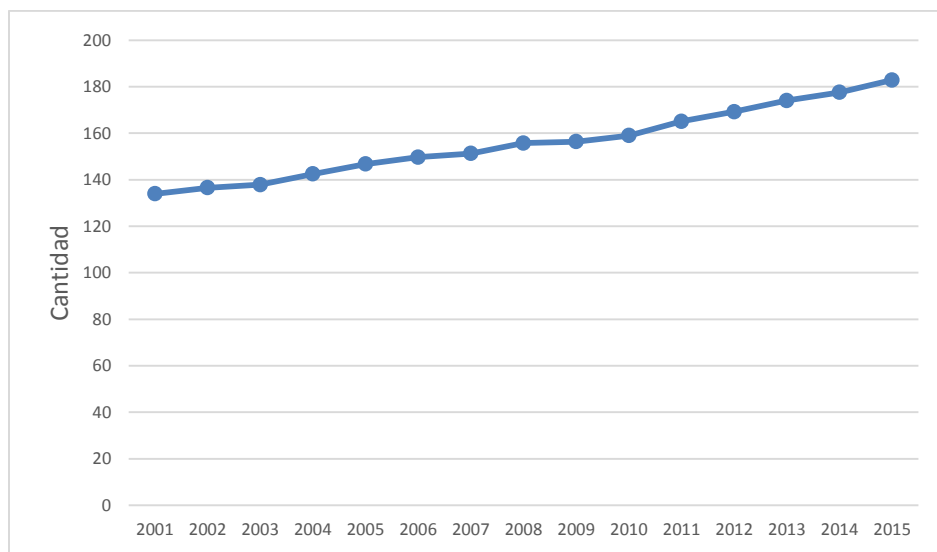
De acuerdo a los reportes de SINAGER, desde 1 de noviembre del 2015 al 23 de septiembre del 2016 la sequía afectó a ocho de los nueve departamentos, alcanzando a 173 municipios del país, lo que representa el 51,0% del total de municipios existentes en Bolivia. Este fenómeno afectó a 177.431 familias, 624.288 hectáreas de cultivos básicos para la seguridad alimentaria y 565.517 cabezas de ganado entre llamas, ovinos, carifios y bovinos. Si bien la producción de productos agrícolas no se perdió al 100%, esta afectó en los rendimientos y en la calidad de la semilla, especialmente en la gestión 2015 - 2016.

La variabilidad climática afecta la fase de "precipitación" dentro del ciclo hidrológico del agua, con serias consecuencias que pueden traducirse con el tiempo en reducción del agua disponible para el sustento de los medios de vida de las familiar rurales, lo que ocasiona baja producción de cultivos, por ende de alimentos, además de pérdidas económicas y el déficit en la disponibilidad de agua para el consumo de las poblaciones urbanas de Bolivia.

5.2.4. Incremento de la demanda del agua

El crecimiento poblacional desde el 2001 al 2012 fue de 8.274.325 a 10.351.118 habitantes (un crecimiento del 25%), este crecimiento trajo consigo un incremento en la demanda de alimentos agroindustriales, de agua para la satisfacción de necesidades básicas y para la industria, al 2017 la población se incrementó aproximadamente a 11.633.371 habitantes que representa un crecimiento del 12% en relación al 2012, por lo tanto, la demanda de agua también se incrementa. El crecimiento poblacional aumentó el índice de consumo de agua potable de 158,98 a 182,88 que representa un 15% desde el 2001 al 2016.

Figura 3. Índice de consumo de agua potable

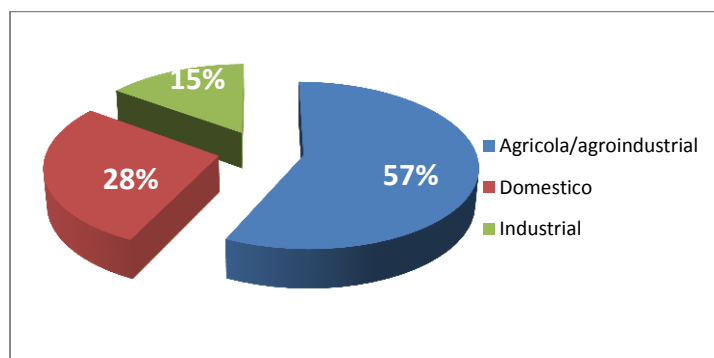


Fuente: INE Bolivia (2017)

El consumo de agua potable el año 2013 llegó a 153.917 miles de metros cúbicos, lo que significó un incremento de 3,4% respecto al año anterior, cuando se registró 148.875 miles de metros cúbicos. Este recurso fue destinado al servicio doméstico 121.675 miles de metros cúbicos, al comercial 19.103 miles de metros cúbicos, al oficial 8.334 miles de metros cúbicos y al industrial 4.805 miles de metros cúbicos. Lo que muestra la creciente demanda de agua frente a una cada vez más reducida oferta de este recurso, debido a problemas climatológicos, desequilibrios en el ciclo del agua y contaminación de este recurso.

Datos respecto al consumo del agua por sector muestran que el 57% de su uso está en el sector agrícola y agroindustrial, principalmente para la producción de alimentos, seguido del uso doméstico e industrial con un 28% y 15% respectivamente.

Figura 4. Consumo de agua en Bolivia por sector



Fuente: Con base a información de Humberto Villa Fontecha (2011)

La demanda de agua por la población, que crece rápidamente, debe estar acompañada por un mejoramiento en el uso racional y eficiente de la misma, dado que el uso per cápita de este recurso, de acuerdo a recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud (OMS)¹⁴ es de 80lts/persona; sin embargo, información de la Fundación Canaru (2015) manifiesta que en Bolivia el consumo per cápita es de 85 a 300 litros, es decir, de 6.25% a 275% más de lo normal.

El uso indiscriminado del agua “no racional” crea una presión sobre las fuentes de agua que almacenan este recurso, muchas veces por desconocimiento, por descuido o simplemente por fallas en los sistemas de almacenamiento, en las conexiones y la distribución a nivel de viviendas familiares. Asimismo, el mayor uso del agua se debe a condiciones de clima, costumbres y zonas geográficas.

De acuerdo a Dirk Hoffmann, el desabastecimiento del agua ocurrido a fines del 2016 e inicio del 2017, se había previsto desde el 2009, siendo cinco las causas identificadas por Dirk Hoffman:

1. **El cambio climático y los fenómenos naturales.** Bolivia fue declarada por la ONU como uno de los países más vulnerables a las consecuencias del calentamiento global de la Tierra. El fenómeno de El Niño, vivido entre 2015 y parte de 2016, fue uno de los más fuertes en las últimas décadas, según la NASA, y es uno de los factores de la fuerte sequía que castiga a Bolivia.
2. **No se buscó más agua.** Durante 20 años casi no se hizo nada para construir nuevas captaciones de agua, en cambio en ese mismo tiempo la población se incrementó"
3. **Mala gestión de la empresa e intereses políticos.** Las autoridades bolivianas lograron jugar un rol muy importante en el debate ambiental internacional, sin embargo, eso no se tradujo en políticas y planificación coherentes dentro de Bolivia. "La administración del agua y de todos los recursos naturales también son un factor importante (en la crisis). En la empresa estatal no se tomaron medidas oportunas ante la escasez".
4. **Los megaproyectos bolivianos.** La creciente actividad minera en Bolivia no sólo contamina muchos ríos, sino que consume enormes cantidades de agua que podrían abastecer a las poblaciones afectadas. Además, que la deforestación y tala de bosques para cultivos cerca de las cuencas afectaron el ciclo de preservación hídrica.
5. **Poca cultura ciudadana de ahorro.** La expansión económica en Bolivia y el consecuente crecimiento del consumo interno generó también el mayor consumo de agua en las principales ciudades.

Fuente: Entrevista a Dirk Hoffmann en BBC Mundo. <http://www.bbc.com/mundo/noticias-america-latina-38032745>. 21 noviembre 2016

¹⁴ Artículo publicado en la Razón. Guadalupe Tapia (2015)

Dada la creciente demanda de agua por una población que crece rápidamente y la presión que existe sobre este recursos por efectos de la variabilidad climática, la deforestación, la contaminación, la sobre explotación de agua, entre otros factores que afectan el ciclo hidrológico, es necesario plantear una Gestión Integral del Agua, que considere el ciclo hidrológico del agua, el uso, manejo racional y eficiente de este recurso de manera que se encuentre un equilibrio sostenible entre la oferta y demanda de agua.

5.3. ¿El agua un recurso renovable?

A través de las diferentes fases del ciclo hidrológico, la naturaleza permite que el agua no se pierda y retorne para el uso de los seres vivos; sin embargo, este ciclo hidrológico está siendo alterado por la deforestación, la variabilidad climática, que se traduce en temperaturas altas que están derritiendo aceleradamente los glaciares, las recurrentes sequías, inundaciones, entre otros factores.

De acuerdo a la Ley de Medio Ambiente (Ley 1333), el agua se define como un recurso natural renovable (Art. 32); sin embargo, es necesario reconsiderar esta definición en las condiciones similares que se daban en Bolivia hace décadas atrás. Existen indicadores que demuestran que la renovación natural está siendo afectada, además de las expuestas anteriormente otra es el retraso de la época de lluvias, que en el altiplano comenzaba en septiembre y que en los últimos años se retrasa hasta diciembre, afectando la época de siembra de cultivos a secano. La sequía que ha originado la pérdida total de agua del lago Poopo en el departamento de Oruro, afectó a poblaciones cuyos medios de vida se basaron desde tiempos ancestrales en la pesca.

El constante incremento de la demanda de agua debido al crecimiento poblacional, el desarrollo industrial y el requerimiento de agua para riego en la producción de alimentos, hacen que el agua sea un recurso estratégico y de extrema necesidad para el desarrollo de los pueblos junto a los problemas internacionales por este recurso, que no solo se dan en Bolivia por las aguas del Mannatial del Silala, la del Río Lauca, sino también en otros países como es el caso de Estados Unidos y México.

Ante la creciente crisis de acceso a agua dulce, múltiples son los proyectos y escenarios que se han o se pretenden impulsar a nivel mundial para acceder y controlar el grueso de las reservas del líquido. Estados Unidos de Norteamérica (EUA), considera el tema del agua como un **asunto de seguridad nacional**¹⁵.

Jarrin S. (2012) menciona:

En el caso de los Estados Unidos (el país de mayor consumo de agua dulce del mundo), el Departamento de Estado hizo público un informe "Global Water Security" (Seguridad Mundial del Agua) donde admite que en los próximos 10 años la crisis del agua creará inestabilidad mundial, particularmente en "estados fracasados en regiones claves" para la seguridad

¹⁵Centro virtual de información sobre el agua <http://www.agua.org.mx/biblioteca-tematica/gestion-del-agua/1263-agua-y-relaciones-internacionales/3207-agua-y-seguridad-nacional-en-mexico>

nacional de los EE.UU.[9] El informe prevé que el agua a futuro será utilizada no solo como una palanca política entre países, sino como un "arma de guerra" donde un país podría suprimir el abastecimiento de ríos y recursos naturales del agua hacia un país vecino¹⁶.

Durante la reunión del Panel de Alto Nivel sobre el Agua creado por la ONU y el Banco Mundial (22 de septiembre de 2016), el Secretario General de las Naciones Unidas, Ban Ki-moon, afirmó que:

Los desafíos relacionados al agua enfrentados por la comunidad internacional están aumentando, debido al crecimiento poblacional y por las alteraciones por el cambio climático, entre otros factores, pidiendo tomar acciones urgentes por parte de la comunidad internacional en materia de agua, alerto también sobre las proyecciones que indican que el mundo podría enfrentar un déficit de 40% en la disponibilidad del agua para 2030".

Durante la reunión México pidió elevar el agua a un asunto de seguridad nacional (CINU, 2016).

Los efectos del cambio climático sobre el ciclo hidrológico son cada vez más evidentes y paralelamente los problemas tanto a nivel nacional, como internacional, hacen prever una problemática que se incrementa debido a la demanda de agua para una población cada vez más creciente, además hacen ver la necesidad de repensar que el agua es un recurso renovable, ya que la realidad actual se diferencia de las condiciones que se tenían antes del calentamiento global.

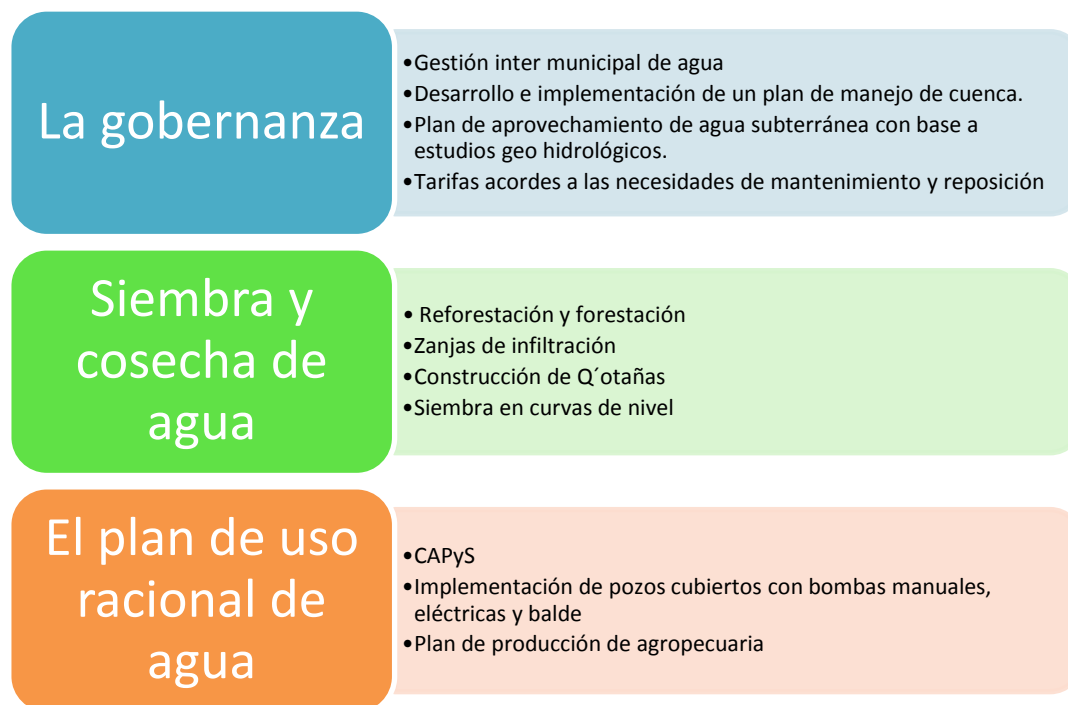
5.4. Siembra y cosecha de agua

La demanda de agua a nivel familiar es cada vez mayor debido a las necesidades que se han incrementado, por el consumo familiar, animal y las necesidades de riego. Mientras la demanda crece la oferta se reduce por diferentes factores como la variabilidad climática que tiene su impacto directo en el ciclo del agua, la desglaciación, la contaminación de fuentes de agua y el crecimiento de la población y la industria que compiten por este recurso. Ante los nuevos desafíos que la sociedad enfrenta se deben implementar estrategias que permitan la cosecha y siembra de agua, junto a un uso racional de la misma, desde el nivel familiar y de la comunidad, que tomen en cuenta las cuencas hidrográficas, ello permitirá satisfacer la demanda de agua y hacer frente al cambio climático.

Los resultados y los impactos de los sistemas de captación, almacenamiento y distribución de *agua segura*, implementados por Soluciones Prácticas, proporcionan establecer bases para el diseño de una propuesta que permita la adaptación al cambio climático y el uso racional de agua (Figura 5.)

¹⁶ http://www.ecoportat.net/Temas-Especiales/Agua/El_Agua_como_Tema_de_Seguridad_Nacional

Figura 5. Sistema de Uso y Manejo Integral de Agua “SUMIA”,



Gobernabilidad

La implementación del SUMIA considera la gobernabilidad¹⁷ como base fundamental para la construcción de manera concertada con los actores, locales públicos y privados. El marco legal vigente en Bolivia proporciona a los Gobiernos Municipales instrumentos legales que les otorgan funciones y atribuciones ineludibles en materia de gestión del riesgo de desastres (Ley 602), planificación (Ley 777), y agua y saneamiento, además de un marco de planificación como el Plan de Desarrollo Económico y Social (PEDES 2016 – 2020).

La actual condición y las perspectivas que se avizoran en la problemática del abastecimiento de agua representan desafíos que deben encarar los Gobiernos Municipales a través de:

- Desarrollo e implementación de un plan de manejo de cuenca
- Inventario de fuentes de agua (Estudios geo-hidrológicos)
- Gestión intermunicipal de agua.

La planificación del desarrollo municipal, además de contar con un plan de ordenamiento territorial, debe considerar un plan de manejo de cuenca, considerando que todo municipio, comunidad o grupo de comunidades pertenece al menos a una cuenca, sub cuenca o microcuenca. La definición de cuenca como unidad de planificación permite establecer

¹⁷ La gobernabilidad de un país está asociada con la capacidad de sus instituciones para ejercer la autoridad pública e impulsar un desarrollo económico, social y político duradero. Indicadores de gobernabilidad del Banco Mundial. http://archivo.estepais.com/inicio/historicos/198/15_indicadores_ind%20de%20gobernabilidad_fundacion.pdf

claramente la problemática que se tiene en esta unidad en relación al agua, como la deforestación, erosión de suelos, la contaminación del agua, el riesgo de sobre explotación del agua subterránea, derechos, usos y costumbres y demanda del agua, permitirá definir un plan de cuenca con prioridades de intervención.

El agua, al ser un recurso primordial que promueve el desarrollo municipal, debe ser inventariado por el Gobierno Municipal; contar con información sobre las fuentes de agua superficial y subterránea le permitirá establecer la oferta potencial de agua que tiene el municipio, además de establecer lineamientos estratégicos para el uso racional del agua en concertación con las organizaciones sociales y públicas del municipio.

En Bolivia, la gran mayoría de los municipios no cuentan con estudios geo-hidrologicos que permitan establecer el balance hídrico del agua subterránea para su aprovechamiento. Ante la sequía de la última década, el gobierno nacional y los gobiernos subnacionales han propiciado la perforación de pozos, paliando el déficit de agua; sin embargo, la solución rápida y oportuna ha generado amplia expectativa en distintas comunidades interesadas en continuar con la perforación de pozos, sin conocimiento de un balance hídrico, situación que pone en riesgo esta fuente de agua, ya que podría llegar a una sobre explotación.

La Ley 2066, en su artículo 80 sobre nuevas captaciones de agua señala "(...) no se permitirá la perforación de pozos ni otras formas de captación de agua sin la debida autorización de la autoridad competente del recurso agua o de la institución delegada por la misma (...)". Razón por la cual, el papel del gobierno municipal es trascendental en la planificación del aprovechamiento del agua.

Otro aspecto que se debe considerar es la coordinación intermunicipal, especialmente en municipios que forman parte de una cuenca mayor, cuya problemática es integral, como es el caso de la Cuenca del río Mamoré, del río Beni (Dpto. del Beni), del río San Juan del Oro (Deptos. De Potosí, Chuquisaca y Tarija), del río Desaguadero (Dptos. La Paz y Oruro), entre otros cuya problemática se genera en la cuenca alta. En la gestión de un plan de cuenca, la participación de los distintos gobiernos municipales es relevante, ya que permite considerar la problemática de manera general integrando las peculiaridades en cada región de la cuenca (alta, media y/o baja). De la misma manera, a nivel de comunidades que comparten microcuencas, deben desarrollar estrategias integrales a partir de una coordinación y concertación de actividades. Por lo general, en la cuenca alta la deforestación, se ha generado erosión de suelos y mayor escorrentía que incrementa de manera rápida los niveles de los ríos aguas abajo, además de incrementar sedimentos en los ríos.

Siembra y cosecha de agua

Las fases del ciclo del agua están siendo afectadas por diferentes causas, tales como la deforestación, glaciaciones, sequías entre otros, que han reducido la oferta de agua poniendo en riesgo el uso doméstico y el desarrollo normal de actividades económicas agropecuarias, especialmente en comunidades con alto riesgo de sequías. Ante esta situación, la siembra y cosecha de agua generada por el ciclo de agua se convierte en una estrategia que relaciona acciones antrópicas que favorezcan las distintas fases del ciclo del agua.

Las acciones validadas y propuestas por Soluciones Prácticas son:

- Reforestación y forestación
- Zanjas de infiltración
- Construcción de Q'otañas
- Pozas de inundación

La reforestación de áreas deforestadas y el establecimiento de nuevas áreas forestales permitirán mejorar los aportes de agua por transpiración al ciclo de agua, aunque su aporte no es sustancial, esta actividad permitirá mejorar la infiltración del agua en el suelo, la reducción del impacto de las gotas de agua que causan erosión de suelos. La implementación de especies forestales en la cuenca puede desarrollarse a través de la implementación de áreas de bosques, de cortinas rompe vientos o sistemas agroforestales. Esta práctica permite la siembra de agua a través del mejoramiento de la infiltración y la transpiración.

Las zanjas de infiltración son prácticas que permiten, en primera instancia, la cosecha de agua de lluvia y de la escorrentía, además de la siembra de agua por infiltración, alimentando la napa freática y a los niveles freáticos. Las Q'otañas construidas en la cuenca alta, cosechan el agua de lluvia a través de sus canales de recolección el agua de escorrentía de una microcuenca, esta infraestructura además, almacena agua para el uso en la actividad agropecuaria y aporta agua a la napa freática a través de la infiltración. Podría decirse que las Q'otañas, cosechan, almacenan y siembran agua a través de la infiltración al suelo y la evaporación aporta al ciclo del agua.

En las llanuras orientales se aprovecha el agua de inundación capturándolas en pozas que se llenan durante las inundaciones, después del paso de este fenómeno, las pozas se quedan llenas para su uso en época de estiaje. Este sistema permite la cosecha de agua y la siembra de este recurso a través de la infiltración y evaporación.

La siembra y cosecha de agua deben ser consideradas en un plan de manejo de cuencas, lo cual mejorará la oferta de agua para las comunidades.

El plan de uso racional de agua

Jan Van Wambeke, 2013, señala que en el aprovechamiento del agua debe considerarse el **“uso racional, optimizado y responsable del agua”** que incluye las siguientes estrategias o acciones:

- ✓ Utilización del volumen mínimo necesario para satisfacer las diferentes necesidades, sin desperdicio.
- ✓ Desarrollo de sistemas productivos con especies de plantas y animales que necesitan menos agua o que presentan mayor eficiencia en su utilización (más productos, servicios o beneficios con mayor valor agregado por volumen de agua consumido).
- ✓ Observar una escala de prioridad de uso (consumo humano, consumo animal de producción, riego de plantas de autoconsumo, riego de plantas de producción comercial y otros usos) y priorizar actividades de beneficio colectivo, más que de beneficio individual.
- ✓ Uso múltiple del agua: utilizar el mismo volumen de agua para obtener beneficios en dos o más actividades.
- ✓ Evitar la contaminación en su utilización y entregar el agua residual con igual o mejor calidad que el agua recibida.
- ✓ Prevención y control de excedentes hídricos que causan daños a los sistemas productivos y a la vida, como la erosión hídrica y las inundaciones.
- ✓ Captación y aprovechamiento del agua disponible en los volúmenes que satisfagan las necesidades, posibilitando que los excedentes estén disponibles para otros usuarios.
- ✓ Compartir el agua disponible.
- ✓ Respetar la legislación que regula el uso del agua en cada provincia, país o región

Algunas acciones que fortalecerán el uso racional, optimizado y responsable, además de las anteriores, son la implementación o fortalecimiento de los Comités de Agua organizados en las comunidades, capacitadas en operación y mantenimiento.

La experiencia de Soluciones Prácticas en la construcción de pozos cubiertos con bombas manuales y bombas eléctricas a nivel familiar, en comunidades y en unidades educativas ha permitido establecer acuerdos para un uso racional del agua tales como:

- ✓ Restricciones de uso para el consumo de ganado, habiéndose establecido tarifas especiales.
- ✓ Tarifas diferenciados por agua para el consumo humano considerando la solidaridad, reciprocidad e equidad.
- ✓ Pago mensual por servicios de un operador y un administrador del sistema a nivel comunitario
- ✓ Establecer corresponsabilidad en los costos de mantenimiento asumida por el sindicato en unidades educativas
- ✓ Incrementar la producción agropecuaria por acceso al agua

- ✓ Mejorar la participación de la mujer en procesos productivos
- ✓ El acceso al agua permitió aglutinar a productores en organizaciones productivas

Las condiciones que se tienen en la actualidad, basadas en un constante crecimiento de la demanda de agua y la alta variabilidad en la disponibilidad de este recurso, ha creado un ambiente adecuado para el establecimiento de procesos que puedan generar sistemas concertados de uso racional, optimizado y responsable del agua. El sistema de uso racional del agua debe considerar, además, un plan de producción agropecuaria que establezca el mejor uso racional del agua para el consumo de ganado a través de bebederos, de riego a través de riego presurizado, y de selección de cultivos que no solo incluya variables de mercado sino de requerimientos de agua y nutrientes básicos para la salud humana, así se podrá tener un sistema de uso racional del agua.

5.5. Tarifas por servicios de agua

El derecho al agua y al saneamiento exige que estos servicios estén disponibles y sean accesibles, seguros, aceptables y asequibles para todos, sin discriminación y que el Estado promoverá el uso y acceso al agua sobre la base de principios de solidaridad, complementariedad, reciprocidad, equidad, diversidad y sustentabilidad (Art. 373 Constitución Política de Estado Plurinacional de Bolivia).

El derecho al agua expresada en la Resolución 64/292, por la Asamblea General de las Naciones Unidas reconoció el derecho humano al agua, que se traduce en DISPONIBILIDAD, limitado a los usos personales y domésticos; la CALIDAD, El agua debe ser apta para el consumo y no ser una amenaza para la salud de las personas; la ACEPTABILIDAD, las instalaciones deben ser culturalmente aceptables; ACCESIBILIDAD, los servicios de agua deben ser accesibles a todas las personas en sus domicilios, escuelas y hospitales. La seguridad física no debe verse amenazada durante el acceso a dichos servicios; la ASEQUIBILIDAD, no debe limitar la capacidad de pagar por otras necesidades esenciales garantizadas por los derechos humanos, como alimentación, vivienda y atención a la salud. A fin de implementar este derecho, la Relatora especial para el derecho humano al agua potable y al saneamiento (2014) señala que

(...) Los Estados no están obligados a proporcionar acceso a agua y saneamiento de forma gratuita. Los derechos humanos requieren que los servicios sean asequibles y no pongan en peligro la realización de otros derechos humanos tales como la alimentación, la vivienda y la salud. Aquellos que pueden hacerlo deben contribuir financieramente o en especie.

El agua, por ser un derecho humano, no tiene costo per se; sin embargo, las tarifas que se tienen por acceso a este recurso deben ser calculadas considerando la suficiencia financiera, entendida como el establecimiento de tarifas que garantizarán la recuperación de costos y gastos propios de operación, incluyendo la expansión, la reposición y el mantenimiento (Art 53. Ley 2066). Es evidente que las tarifas deben considerar la reposición del sistema (captación, almacenamiento y distribución). Para el cálculo tarifario de acuerdo al Artículo 54 de la Ley 2066 se debe considerar:

- a. Recuperación total de los costos de operación y mantenimiento,
- b. Recuperación de los costos de reparación que garanticen la sostenibilidad de los servicios,
- c. Asegurar el costo más bajo a los usuarios, precautelando la seguridad y continuidad del servicio.
- d. Neutralidad, simplicidad y transparencia, conforme se define en el artículo anterior.
- e. Retorno a las inversiones realizadas con empréstitos, sin remunerar el capital proveniente de donaciones, subvenciones o aportes a fondo perdido.

En la construcción de tarifas, la Ley 2066 considera el establecimiento de tarifas solidarias, cuando haya justificación, bajo el principio de solidaridad sin perjuicio de eficiencia económica (Art. 55). En zonas deprimidas, donde la capacidad de pago no alcance a cubrir la recuperación del costo de las inversiones incluidas en las tarifas o tasas calculadas. El presupuesto de Inversión Pública podrá incorporar inversiones para la expansión de los servicios y para nuevas conexiones. Además, el Estado podrá cubrir parcialmente los costos de acceder a un cupo básico de consumo de agua potable a los usuarios pobres (Artículo 56).

De acuerdo al marco legal vigente en Bolivia, los Comités de Agua que se establecen a nivel de comunidades rurales, necesariamente deben considerar tarifas reales por servicios de conexión, reposición, instalación de medidores y otros servicios operativos cuyos precios deberán ser suficientemente fundamentados (Artículo 61); sin embargo, en muchos casos las condiciones socioeconómicas de las comunidades hacen que existan familias con escasos recursos económicos que no puede pagar las tarifas establecidas, por lo cual, la Ley prevé tarifas solidarias que a nivel de comunidad podrían también traducirse en jornales de trabajo al servicio del CAPyS.

Parte del uso racional, optimizado y responsable del agua, son los compromisos que adquieren las familias en la sostenibilidad del sistema, que tiene que ver con el mantenimiento y la reposición del mismo entre otros, con fondos que provienen de las tarifas que se cobran por los servicios. En muchas comunidades los usuarios consideran equivocadamente el derecho humano al agua como el acceso gratuito al recurso y a los servicios, poniendo en riesgo la sostenibilidad del sistema.

El trabajo desarrollado por Soluciones Prácticas en la implementación de sistemas de *agua segura* a nivel familiar, comunal y en unidades educativas, le ha permitido desarrollar estrategias tarifarias que prevén la sostenibilidad del sistema a través de:

1. Implementación de sistemas de *agua segura*, considerando las necesidades básicas para el consumo humano, las condiciones socioeconómicas de las familias beneficiarias y técnicas del sistema.
2. Análisis de la oferta y demanda de agua de la fuente que proporcionará el recurso agua
3. Proyección de uso de agua para el consumo del ganado, riego y mejoramiento de la producción agropecuaria.
4. Establecimiento de tarifas, considerando la operación, mantenimiento además de la reposición del sistema.
5. Establecimiento de CAPyS, instancia sin fines de lucro que presta servicios a la comunidad y es parte de esta, a través de la operación del sistema.
6. La concertación de tarifas y acciones de mejora al sistema como base para la toma de decisiones.
7. Establecimiento de tarifas solidarias considerando los ingresos familiares y las demandas mínimas de las mismas.

Las acciones emprendidas por Soluciones Prácticas han estado marcadas en la normativa legal vigente, lo cual ha garantizado el uso del agua como un derecho humano, en cuyo acceso no se considera el lucro, y en cuya tarifa por servicios, se toma en cuenta además de otros ítems, la reposición del sistema.

6. Conclusiones y recomendaciones

- ✓ Por su bajo costo “las tecnologías para el abastecimiento de agua” son adecuadas a las condiciones de necesidad de las familias.
- ✓ Los sistemas de *agua segura* han permitido el acceso a agua en cantidad y calidad suficiente para el consumo humano y animal.
- ✓ El acceso a agua ha permitido el desarrollo de la producción de leche y sus derivados, promoviendo la participación activa de la mujer en el sustento familiar y el desarrollo de las comunidades.
- ✓ Los costos por el consumo de agua son bajos en los sistemas con pozo seguro y sellado con bomba tipo yacu y palanca, lo cual les permitirá incrementar el número de cabezas de ganado bovino para incrementar la producción de leche.
- ✓ Los aportes en los sistemas de panel no cubrirán los costos de mantenimiento y reposición del sistema, considerando la depreciación de las partes del sistema.

- ✓ Considerar que los sistemas de agua, con gestión del riesgo en la gestión del agua, para ayudar a construir comunidades resilientes con servicios sostenidos.
- ✓ Las tecnologías implementadas siempre deben ser consensuadas con los usuarios para establecer el monto a pagar por concepto de consumo de agua.
- ✓ La experiencia nos demuestra que la gestión de riesgo debe ser transversal y la planificación debe ser multisectorial para los procesos de desarrollo.
- ✓ Procurar que la respuesta humanitaria contribuya a la recuperación temprana y de largo plazo de las poblaciones afectadas.
- ✓ Es importante abastecer la cantidad agua, pero es derecho humano acceder al agua segura y de calidad de servicio.
- ✓ Las fases del ciclo hidrológico están siendo afectadas por la acciones del hombre y por la variabilidad climática, reduciendo la oferta de agua.
- ✓ La gobernanza es de suma importancia para la planificación del uso racional, considerando el ciclo hidrológico y las demandas de la población.
- ✓ Los sistema de *agua segura* implementados por Soluciones Prácticas, proporcionan insumos para el establecimiento de estrategias integrales de reducción de riesgos de desastres y manejo integral del agua, considerando la cuenca como unidad de planificación.
- ✓ A fin de aprovechar de manera sostenible el agua subterránea, es necesario realizar estudios geo-hidrológicos
- ✓ La creciente demanda de agua, debido al crecimiento poblacional, al desarrollo industrial y agro industrial, muestran la necesidad de incorporar estrategias de cosecha y siembra de agua, que permitan mejorar la disponibilidad de agua.

Bibliografía

1. Albertair. (2003). *El agua y su importancia para los bóvidos*. Recuperado de <http://albeitar.portalveterinaria.com/noticia/3379/articulos-otros-temas-archivo/el-agua-y-su-importancia-para-los-bóvidos.html>
2. Basulto, J. (2014). *Agua dura ¿agua más sana?* . Recuperado de http://www.consumer.es/web/es/alimentacion/aprender_a_comer_bien/alimentos_a_debate/2014/12/17/221133.php
3. Billorou N, et.al. (2011). *Guía para la evaluación de impacto de la Formación*. Oficina Internacional del Trabajo (OIT).
4. CINU. (2016). *Desafíos mundiales relacionados al agua están incrementado: Ban Ki-moon*. Recuperado de <http://www.cinu.mx/noticias/la/desafios-mundiales-relacionado/>
5. CPEPB, (2009). *Constitución Política del Estado Plurinacional de Bolivia*
6. Ferro, G. et. al, (2011). *Eficiencia y su medición en prestadores de servicios de agua potable y alcantarillado* .CEPAL.
7. Hugo Navarro (2005). *Manual para la evaluación de impacto de proyectos y programas de lucha contra la Pobreza. Instituto Latinoamericano y del Caribe de Planificación Económica y Social (ILPES) y la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL)*. Área de Proyectos y programación de inversiones, Santiago de Chile.
8. Jan Van Wambeke. (2013). *Captación y Almacenamiento de Agua de Lluvia: Opciones Técnicas para la Agricultura Familiar en América Latina y el Caribe*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y La Agricultura. Oficina Regional de La FAO para América Latina y el Caribe Santiago, Chile.
9. *El derecho humano al agua y al saneamiento*. Recuperado de http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/human_right_to_water.shtml.
10. *La fórmula del agua segura*. Recuperado de <http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsadiaz/e/2003/parte3.pdf> .
11. *El cambio climático está convirtiendo los glaciares de Bolivia en bombas de tiempo* https://www.vice.com/es_co/article/el-cambio-climatico-esta-convirtiendo-los-glaciares-de-bolivia-en-bombas-de-tiempo.
12. Ley 2066 (2000). *Ley modificatoria a la ley no. 2029 de servicios de agua Potable y alcantarillado sanitario*.
13. Ley 777 (2016). *Ley del Sistema de Planificación Integral Estatal*.
14. MMAyA, (2014). *Guía para la Evaluación ex post de Proyectos de Riego*
15. McJunkin, F. E. (1988). *Agua y Salud Humana*. Organización Panamericana de la Salud. Oficina Sanitaria Panamericana, Oficina Regional de la Organización Mundial de la Salud.
16. Rodríguez A. F. (2010). *Proyecto Integral Atajados Collana. Construcción de Atajado para Abrevaje De Ganado (Comunidad Incamaya)*. Recuperado de http://archivo.estepais.com/inicio/historicos/198/15_indicadores_ind%20de%20gobernabilidad_fundacion.pdf