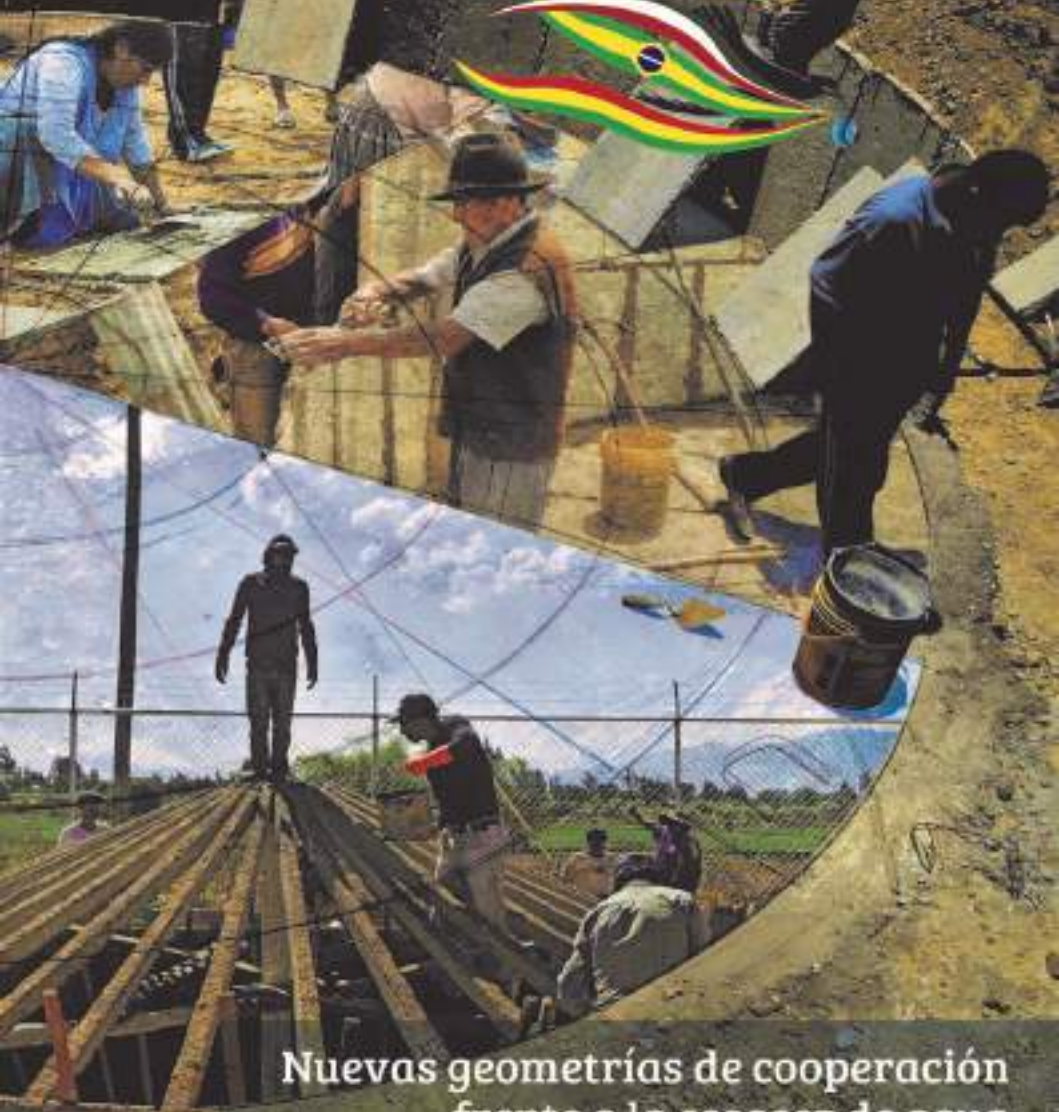


# Triángulos en el Agua



Nuevas geometrías de cooperación  
frente a la escasez de agua



### Editores

Stefano Archidiacono  
Camila Olivera

### Diseño Editorial

Nelson Sanchez Ustaris  
Gabriel Rodriguez

### Fotografías

Socios del proyecto y sus amigos

© Copyleft 2017,  
Triángulos en el Agua



## CONTENIDO

Triángulos en el Agua: nuevas geometrias de cooperación frente a la escasez de agua <b>Stefano Archidiacono, CeVI Bolivia</b> .....	5
Ulla Flor de Pukara, donde Quechuas y Aymaras trabajan para re-vivir el Pueblo <b>Oscar Olivera Foronda, Fundación Abril</b> .....	13
Del semiárido brasileño al semiárido cochabambino: aprendiendo, compartiendo y adaptando Tecnologías Sociales <b>Giovana Canedo, Agua Sustentable y Stefano Archidiacono, CeVI Bolivia</b> .....	19
Tecnología hidráulica y gestión del conocimiento <b>Alfredo Durán Núñez del Prado y Jhylmar Ortiz Céspedes, Centro AGUA-UMSS</b> .....	27
Manual de Construcción Cisterna de 52.000 litros .....	35



## 1. Triángulos en el Agua: nuevas geometrías de cooperación frente a la escasez de agua

Stefano Archidiacono  
CeUI Bolivia

La presente publicación cierra el proyecto "Triángulos en el Agua", iniciativa de cooperación internacional que se desarrolló en el Valle Alto de Cochabamba con el objetivo de contribuir a garantizar el derecho de acceso al agua a través del intercambio de tecnologías y buenas prácticas en la captación y gestión del agua. El nombre del proyecto se refiere al esfuerzo conjunto brindado desde tres países: Bolivia, Brasil e Italia. Asociaciones de la sociedad civil y comunidades que desde diferentes territorios se encontraron y cooperaron de manera horizontal y solidaria para buscar alternativas y soluciones para enfrentar el problema de la escasez del agua.

La escasez de agua afecta a todos los continentes. Según Naciones Unidas "cerca de 1.200 millones de personas, casi una quinta parte de la población mundial, vive en áreas de escasez física de agua, mientras que 500 millones se aproximan a esta situación y constituye uno de los principales desafíos del siglo XXI al que se están enfrentando ya numerosas sociedades de todo el mundo". La escasez de agua es un fenómeno no solo natural sino también causado por la acción del ser humano: hay suficiente agua

potable en el planeta para abastecer a los 7.000 millones de personas que lo habitamos, pero está distribuida de forma irregular, se desperdicia, está contaminada y se gestiona de forma insostenible. Como consecuencia "se prevé que en 2030 el mundo tendrá que enfrentarse a un déficit mundial del 40% de agua" (2030 WFG, 2009).

Bolivia es un país rico en agua, pero su distribución y accesibilidad refleja las grandes diferencias geográficas que lo caracterizan. Existen áreas muy húmedas donde las inundaciones son frecuentes y provocan problemas muy graves y áreas áridas donde la escasez de agua es un problema igualmente preocupante y los recursos hídricos por persona están por debajo de los 500 metros cúbicos anuales recomendados, cantidad de agua que necesita una persona para llevar una vida sana e higiénica. Más allá de las características hidrogeológicas de las diferentes regiones del país cabe mencionar que las actividades humanas están exacerbando los problemas ligados a la escasez de agua. La falta de tratamiento de las aguas (utilizadas en actividades productivas y en las viviendas) y su consecuente contaminación y el excesivo aprovechamiento de las fuentes reducen la disponibilidad de agua segura para producir y reproducir la vida. Además los cambios climáticos contribuyen a agravar los problemas de escasez de agua por un lado debilitando las fuentes de agua (como en el caso del derretimiento de los glaciares) por el otro alterando los ciclos hidrológicos, los patrones de precipitaciones y los eventos extremos.

Como resultado muchas comunidades y familias, especialmente en el medio rural, al no contar con agua para desarrollar sus actividades agropecuarias o simplemente para el uso doméstico que hace posible la sobrevivencia, abandonan sus territorios para migrar hacia las ciudades del país o hacia el extranjero. En el Valle Alto del Departamento de Cochabamba, principal área de intervención del proyecto, el abandono de los territorios es un fenómeno tan extenso como preocupante.

El principal motor del proyecto "Triángulos en el Agua" ha sido buscar respuestas concretas y efectivas al problema de la escasez de agua que sean eficaces a corto y a largo plazo. De hecho el proyecto es el resultado de un largo trayecto de intercambios de experiencias, análisis de problemas y soluciones e implementación de alternativas tecnológicas entre asociaciones de la sociedad civil y comunidades rurales de Brasil, Bolivia e Italia. Impulsores y facilitadores de estos intercambios han sido la Fundación Abril y Agua Sustentable (en Bolivia), el Centro di Volontariato Internazionale CeVI (en Italia) y el Centro de Agricultura Alternativa CAU y la Articulación del Semiárido ASA (en Brasil). Este trayecto contempló visitas de intercambio en los diferentes países (en el Departamento de Cochabamba, en el Estado de Minas Gerais y en el Región Friuli Venezia Giulia de Italia) y encuentros de discusión y análisis a lo largo de los cuales surgió una alternativa para enfrentar la escasez de agua: la cosecha de agua de lluvia.



Cosechar agua de lluvia no es por cierto una novedad, la humanidad colecta la lluvia que cae del cielo desde sus orígenes primordiales en todas las culturas y latitudes del planeta. Sin embargo, en Brasil en los últimos 20 años se ha desarrollado una "tecnología social" para la cosecha de agua de lluvia a través de cisternas familiares que ha tenido importantes impactos en todas las regiones semiáridas del país. Esta alternativa se define como tecnología social, en cuanto, no sólo es una metodología de construcción de una infraestructura hidráulica sino también un proceso de movilización y participación social en la solución del problema de la escasez de agua. Esta tecnología ha sido planteada y desarrollada por una articulación de la sociedad civil, un espacio de encuentro de asociaciones, iglesias, organizaciones de base e institutos formativos de Brasil: la red ASA, socio fundamental del proyecto conjuntamente con el Centro de Agricultura Alternativa CAU. A la fecha, en Brasil, se han construido alrededor de 750.000 cisternas familiares en 11 estados del país y se tiene la meta de alcanzar 1.000.000 de cisternas.

La iniciativa "Triángulos en el Agua" arranca formalmente el 1 de abril 2015 con el financiamiento de la Región Friuli Venezia Giulia de Italia y de la Tavola Valdese y ha contemplado la ejecución de proyectos pilotos para la cosecha de agua de lluvia, la realización de actividades de formación y capacitación en el manejo de los recursos hídricos, intercambios de experiencias con los compañeros de Brasil, Bolivia e Italia y la realización de eventos públicos de debate y concertación sobre la gestión sostenible del agua y la convivencia con el ambiente semiárido.

A lo largo de la ejecución del proyecto se trabajó en 4 municipios del Valle Alto de Cochabamba, Arbieto, Cliza, Tarata y Toco, y el Distrito 2 del municipio de Sacaba. Por lo que se refiere a las cisternas de cosecha de agua de lluvia se realizaron los siguientes proyectos pilotos:

- 1 cisterna de 52.000 litros con captación de agua desde el techo de la Escuela Andina del Agua de Cliza, construida por Juliano Gonçalves Freire y Marcos Ribeiro (expertos del CAU, Brasil) con el trabajo comunitario de la comunidad de Flores Racho en Cliza;
- 1 cisterna de 52.000 litros con una superficie de captación de lluvia en el suelo (en cemento) de 180 metros cuadrados construida por Juliano Gonçalves Freire y Marcos Ribeiro (expertos del CAU, Brasil) con el trabajo comunitario de los estudiantes del Instituto Tecnológico

Agropecuario de Tarata y el apoyo del Gobierno Autónomo Municipal en la excavación:

- 1 cisterna de 52.000 litros con captación de agua desde el tinglado de la cancha polifuncional de la Unidad Educativa "Santa Rosa de Lima" de Arbieto construida por la empresa CASALME Srl con el apoyo de los padres de familia y del Gobierno Autónomo Municipal en la excavación, realizada con el fin de irrigar los huertos educativos y pedagógicos;
- 1 cisterna de 52.000 litros con captación de agua desde el canal de riego en la comunidad Milloma de Tarata, construida por Agua Sustentable a través de la contratación de un equipo de albañiles, la participación de la comunidad y el apoyo del Gobierno Autónomo Municipal en la excavación;
- 1 cisterna de 52.000 litros con captación de agua de lluvia a través del atajado de la comunidad de Villaflores de Pucara (Toco) construida por la Fundación Abril y la comunidad a través del trabajo comunitario y el apoyo del Gobierno Autónomo Municipal en la excavación y traslado de materiales;
- 1 cisterna de 16.000 litros en la Unidad Educativa "Jesús Terceros" del Distrito 2 de Sacaba con captación de agua mixta (lluvia y vertiente) realizada por la Fundación Abril a través de la contratación de un equipo de albañiles, la participación de los padres de familia y el apoyo del Gobierno Autónomo Municipal en la excavación, con el fin de irrigar los huertos educativos y pedagógicos;
- 1 cisterna de 52.000 litros con una superficie de captación de lluvia en el suelo (en cemento) de 180 metros cuadrados construida por Agua Sustentable en la comunidad Milloma de Tarata a través de la contratación de un equipo de albañiles, la participación de la comunidad y el apoyo del Gobierno Autónomo Municipal en la excavación.

Todas las cisternas de cosecha de agua de lluvia realizadas en el marco del proyecto han sido construidas con la participación activa de los beneficiarios de las intervenciones a través de su trabajo voluntario y comunitario. Consideramos este aspecto como fundamental e imprescindible para que las cisternas tengan un impacto positivo y duradero a través del tiempo. De hecho, la tecnología se define social en la medida en que

logra involucrar las familias y comunidades beneficiarias de las cisternas transformándolas de "objetos" de una intervención planificada y ejecutada desde arriba a "sujetos" activos del mejoramiento de sus condiciones de acceso al agua. Por lo contrario, se observa que generalmente la principal reacción frente a la escasez de agua es la implementación de los llamados "mega-proyectos" como las grandes represas y embalses, la transposición de los ríos y las grandes obras hidráulicas. Pero estos mega-proyectos tienen impactos ambientales muy elevados y en muchas oportunidades no llegan a satisfacer la necesidad de las familias del campo terminando por beneficiar casi exclusivamente a otros sectores menos vulnerables, pero más influyentes. Los niveles de participación son muy bajos y a menudo son muy altos los niveles de tergiversación entre medios y fines.

La cosecha de agua a través de la construcción de cisternas familiares y comunitarias como respuesta a la escasez de agua cuestiona y revierte este paradigma dominante proponiendo soluciones descentralizadas y de bajo costo a realizarse con la participación activa de las familias y comunidades mayormente afectadas por la escasez de agua con un impacto ambiental prácticamente inexistente.

Las evaluaciones participativas con los beneficiarios, los constructores y las autoridades locales involucradas, realizadas a la conclusión del proyecto (31 de julio 2016) han valorado positivamente la solución propuesta para hacer frente a la falta de agua por tener una relación muy positiva entre costos y beneficios. Las cisternas de cosecha de agua de lluvia construidas con la metodología desarrollada en Brasil tienen un costo muy reducido y un periodo de realización de las obras hidráulicas muy corto, lo que permite la réplica de la intervención a gran escala, factor esencial para lograr impactos significativos en las regiones afectadas por la escasez de agua.

El proyecto fue una intervención piloto ya que replicó una experiencia exitosa que se llevó a cabo en un país cercano con rasgos similares en cuanto a las problemáticas de acceso al agua, las características hidrogeográficas y los patrones de precipitaciones (una corta época de lluvia y una larga época de estiaje). Un espacio de intercambio solidario y de aprendizajes, con deslices y conquistas. Muchas son las oportunidades y los desafíos que surgieron a lo largo de este camino, en la ejecución del proyecto.

La metodología constructiva puede ser perfeccionada para reducir ulteriormente los costos y mejorar la eficiencia de las cisternas adaptándolas al contexto local (materiales, mano de obra, etc.). En la óptica de aumentar el impacto de las cisternas para cosecha de agua de lluvia será fundamental identificar criterios apropiados y compartidos para seleccionar las familias y comunidades beneficiarias, involucrar a las autoridades locales (principalmente los municipios) en la implementación de la propuesta y movilización de recursos económicos y humanos y crear una red de actores (autoridades, organizaciones de base, asociaciones de la sociedad civil e institutos formativos) comprometidos en la promoción de la cosecha de agua frente a la escasez de agua y como estrategia de mitigación y adaptación a los cambios climáticos.

Finalmente, consideramos importante acoplar el almacenamiento de agua con el fortalecimiento de la agricultura familiar y campesina para garantizar al mismo tiempo la seguridad hídrica y la seguridad alimentaria de las familias con soberanía y autonomía.



## 2. Villa Flor de Pukara, donde Quechuas y Aymaras trabajan para re-vivir el Pueblo

Oscar Olivera Foronda  
Fundación Abril

Casi 100 Kilómetros desde el centro urbano de Cochabamba, Bolivia, para llegar a un poblado que se llama Villa Flor de Pukara, donde antes había una escuela con niñas y niños, maestros y maestras, es decir existía alegría, donde antes había un molino, es decir, había pan, donde antes cantaban los pájaros, es decir se escuchaban conciertos al amanecer y al atardecer. Hoy sólo quedan unas pocas parejas de ancianos y ancianas, es decir queda la sabiduría, la generosidad, la solidaridad del Pueblo, las bancas de la escuela han sido repartidas en las casas y en el viejo molino, en calidad de préstamo, esperando puedan ser ocupadas, alguna vez, por los cuerpos y la bulla de los niños y niñas.

Pukara, que quiere decir FORTALEZA QUE DA VIDA, es una palabra Aymara y Quechua, al mismo tiempo.

Me puse a pensar en el nombre y creo que el nombre original, debió ser BELLA FLOR DE PUKARA, la falta de la vocal "e" en el idioma quechua, puede haber producido un cambio fonético en el nombre de esta Comunidad.

Y realmente es una Bella Flor este lugar donde existen unas cuarenta casas, la mayoría abandonadas o que sirven como domicilios temporales de muchas familias que migraron a los pueblos más cercanos para sobrevivir y que algunos, semanalmente, otros mensualmente y varios originarios

anualmente. Llegan al Pueblo para sembrar, para plantar producir, para ver a las abuelas y abuelos, a los animalitos, que hay muchos, como gallinas, conejos y palomas.

Ancianos y ancianas que no tienen agua potable para beber, su única fuente segura es el agua que cae del cielo, como bendición de las hermanas nubes y el Tata Inti, ahora más escasa que antes, es que, como dicen don Julio y doña Ricarda, nos olvidamos de hablar con el viento para que no se la lleve, como los vientos de la "modernidad" y del consumo se llevaron a los jóvenes, niñas y niños, de Bella Flor, la Fortaleza Aymara.

Recorrer la montaña, la quebrada del río, que sirve para regar la tierra y de manera muy precaria para saciar la sed de los pocos que quedan, caminar por las calles del poblado, descansar bajo la sombra de los centenarios árboles de durazno, sentarse a escuchar hablar a las enormes, pesadas y viejas piedras del molino de agua, que junto con don Ricardo nos cuentan cómo llegaron a la Fortaleza, traídas de más de cien kilómetros de distancia, hace más de doscientos años, rodando, caminando hablando con la gente que las trajo y que hoy aún conservan ese relato los nietos y nietas de esas abuelas y abuelos que hoy lloran viendo el paisaje del pueblo.



Pero fueron el impetu y "ajayu" (ánimo y espíritu), de la pareja de ancianos, don Julio y doña Ricarda que visibilizaron la situación de su Comunidad, de su Pueblo, de su Territorio, la sed de agua y la sed de alegría en el Pueblo motivó que la asamblea de comunarios y comunarias más un puñado de gente común, como ellos y ellas, se dispusieran a trabajar con la comunidad para "cosechar" el agua del cielo y llevarlas a las gargantas de la comunidad, llevar la alegría, otra vez, al territorio de la Fortaleza Aymara, cuyas ruinas son testigos casi inaudibles, allá lejos, en la cumbre de la montaña.

Al principio fueron tres ancianos, que impulsaron para re-construir su Comunidad, su pueblo, ya hemos dicho, doña Ricarda, su esposo don Julio y el maestro de escuela Zacarías, a ella y ellos en plena jornada de trabajo, de siembra y plantación, se incorporó el dirigente del sindicato agrario: Beltrán, sí, un nombre que parece apellido, pero que es su nombre al final, hombre que heredó las tierras de su padres y abuelos y que prometió no abandonarlas, pero que no solo heredó la fertilidad de esos campos, sino que además heredó su amor por el Pueblo, por sus árboles, por sus animales y ante todo es un digno hombre que organiza, que impulsa, que trabaja, que inventa, que motiva al conjunto de hombres, mujeres, jóvenes, niños, niñas, ancianos y ancianas, que poco a poco en el transcurso de un mes, la casi disuelta comunidad volvió a verse a los ojos, cara a cara, corazón a corazón, sudor a sudor en el trabajo, en el hablar, en la necesidad, en el recordar, en el implícitamente haber decidido reconstruir, re-constituir su comunidad, que ya no solo es de ellos y ellas, sino también de los otros y otras hermanas y hermanos que se involucraron en las tareas de construir no solo el colectivo, otra vez, sino también de construir un cisterna, un enorme tanque, que se llenará con las gotas de agua de lluvia, una a una como se anda llenando ahora el pueblo, una a una, gente que viene a trabajar para poder tomar agua fresca y cristalina.

Poco a poco, en el silencio bullicioso de la montaña, en el viento frío de la quebrada, bajo el cielo limpio de día y estrellado de noche, cinco, diez, quince, veinte, treinta comunarios, trabajan, rien, juegan, lloran, recuerdan, deciden y ejecutan lo que la asamblea había determinado, lo que doña Ricarda, don Julio, el profesor Zacarías y el Beltrán habían soñado, la enorme generosidad construida por manos campesinas, obreras, de jóvenes, de niños, de ancianas y ancianos, de mujeres, de investigadores, de organizadores, de activistas, de estudiantes, de gente del otro lado del planeta.



Afuera del poblado, muy lejos no sólo por la distancia, sino por la sordera de una institucionalidad y los malos gobiernos, se habla coincidentemente, del denominado "cambio climático", donde se habla en difícil e incomprensible, donde se dice que es una "cumbre" de los pueblos para luchar contra este enemigo, nosotros y nosotras, la gente sencilla y trabajadora del campo y la ciudad, que colocamos en el pasado cercos y barricadas al capital, a los malos gobiernos, entendemos que los males que aquejan a nuestros pueblos, a nuestros territorios, son males a quienes es difícil colocar un cerco, un NO con nuestros cuerpos, los cambios en la naturaleza, que nosotros percibimos son casi invisibles, pero sentimos cómo nos atacan, nos agreden, nos matan.

Enfrentarlos es volver a la tierra, reconstruir nuestros territorios, construir comunidad, recuperar nuestra memoria, nuestra historia, devolverle, en reciprocidad, el saludo y la generosidad a la Pachamama, al hermano, a la hermana, al compañero y compañera, al amigo y amiga, al tata Inti (Sol), a la mama Quilla (Luna), a los y las Achachilas (las montañas), a lo que nos rodea, porque somos parte del todo.

Bella Flor de Pukara, es lo que pasa en cualquier parte del mundo, donde la gente va construyendo, de manera silenciosa, muy abajo y a la izquierda, es decir con sencillez y con cariño esa sociedad que la sentimos y que la vivimos con el trabajo, con la lucha, con el re-encuentro.



### 3. Del semiárido brasileño al semiárido cochabambino: aprendiendo, compartiendo y adaptando Tecnologías Sociales

Giovana Canedo, Agua Sustentable y Stefano Archidiacono, CeUI Bolivia

**"La tecnología social de las cisternas de cosecha de agua, no trae solamente agua, trae ciudadanía y dignidad"**

Valquiria Lima, Coordinadora Ejecutiva ASA,  
Cochabamba, 29 junio 2016

En los últimos años la disponibilidad de agua en Bolivia, y en el Departamento de Cochabamba, se ha visto disminuida notablemente por efecto del cambio climático, la contaminación y el crecimiento de las ciudades. Esta situación repercute negativamente sobre la calidad de vida y la seguridad alimentaria de la población, en especial las poblaciones más vulnerables como los niños, las personas de la tercera edad y las mujeres.

En el Valle Alto de Cochabamba pueblos como Tarata, Arbieto, Cliza y Toco que tradicionalmente eran, según recuerdan sus pobladores, como "un vergel" por su producción de manzanas, duraznos, hortalizas, maíz y papas, hoy en día se están convirtiendo en un desierto no solo porque la producción agrícola se vio afectada por la falta de agua, sino también porque una gran mayoría de la población migra en busca de mejores oportunidades de subsistencia y solo se quedan los adultos mayores que se niegan a abandonar sus tierras. Además, los periodos de lluvia y su frecuencia han variado notablemente a lo largo de la última década: ya no existe la regularidad que permitía a los productores basarse en sus conocimientos ancestrales para predecir la llegada de las lluvias y sembrar garantizando la producción agrícola.

Por todas estas razones se vienen desarrollando acciones, proyectos

y esfuerzos para contribuir a que las poblaciones del Valle Alto puedan generar nuevas formas de garantizar su seguridad alimentaria. En este contexto Agua Sustentable, Fundación Abril y CeUI han desarrollado el proyecto "Triángulos del Agua" que se propuso contribuir a mejorar las condiciones de acceso al agua (para consumo humano y usos productivos) en las comunidades que viven en los ambientes semiáridos en el Valle Alto de Cochabamba. Esta acción promueve el conocimiento e implementación de soluciones nuevas y alternativas frente al problema de la escasez de agua aprendiendo de experiencias exitosas desarrolladas en otros países con las mismas problemáticas.

### Ayudándonos entre nosotros...Cooperación Sur-Sur

El proyecto "Triángulos en el Agua" inicia sus actividades el abril 2015 y se enmarca en la corriente de la cooperación sur-sur o cooperación triangular. Según el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), la cooperación sur-sur (CSS) es un marco amplio de colaboración entre países del sur en el ámbito político, económico, social, cultural, ambiental y tecnológico que involucra a dos o más países en desarrollo que comparten conocimiento, habilidades, experticia y recursos para alcanzar sus metas de desarrollo a través de esfuerzos concertados. En la Conferencia de las Naciones Unidas sobre la Cooperación Sur-Sur se define más específicamente a la misma como una empresa común de los pueblos y los países del Sur que surge de experiencias compartidas y afinidades, sobre la base de unos objetivos y una solidaridad comunes, y guiada, entre otras cosas, por el principio del respeto de la soberanía, libre de cualquier condicionalidad. Se trata de una asociación de colaboración entre iguales basada en la solidaridad que rompe con la dicotomía tradicional entre donantes y beneficiarios.

Entre las entidades que más promueven la cooperación sur-sur y triangular en América Latina está la Organización de Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) que considera que este marco de acción "juega un papel muy importante en el panorama de la cooperación internacional y está generando nuevas herramientas y alianzas para hacer frente a cuestiones relacionadas con la inseguridad alimentaria, la pobreza, el cambio climático y la agricultura sostenible" (FAO).

En este sentido el objetivo principal del proyecto "Triángulos en el Agua" fue promover el intercambio de experiencias y buenas prácticas entre

las organizaciones y redes de Bolivia y Brasil para la implementación de tecnologías alternativas y ecológicas para la gestión de los recursos hídricos. A lo largo del proyecto se realizaron dos visitas de intercambio que llevaron a Bolivia Juliano Gonçalves Freire y Marcos Ribeiro, dos técnicos del Centro de Agricultura Alternativa Vicente Nica (CAU) del Estado de Minas Gerais, y Valquiria Lima, Coordinadora Ejecutiva de la Articulación del Semiárido Brasileiro (Red ASA), para compartir de forma horizontal y solidaria sus experiencias, sus aprendizajes y las tecnologías desarrolladas frente a la escasez de agua.

### La Experiencia Brasileña

En la década de los '90 la sociedad civil brasileña empieza a movilizarse ante el problema de la falta de agua y el preocupante proceso de desertificación de sus territorios. En 1993 se genera una marcha y la ocupación simbólica de la Superintendencia de Desenvolvimento del Noreste de Brasil para pedir atención a las problemáticas ambientales de la región semiárida del país y, además, visibilizar una visión propia del problema y proponer acciones a tomarse para resolverlo que habían venido trabajando diversas asociaciones de la sociedad civil.

Esta movilización de la sociedad civil siguió creciendo hasta 1999, año en que tuvo lugar la 3ª Conferencia de las Partes sobre la Convención de Lucha contra la Desertificación y la Sequía (COP 3) de las Naciones Unidas, que se celebró en Recife, donde paralelamente se conformó la Articulación del Semiárido (ASA), una red que reunió diversas entidades entre instituciones, organizaciones de base, iglesias para promover políticas alternativas para combatir la sequía. En esa oportunidad se lanzó la "Declaración del Semiárido" que produjo una agenda con un conjunto de medidas políticas y prácticas para mejorar la vida en el semiárido brasileiro y proponiendo, entre otras cosas, la creación de un programa para construir un millón de cisternas para la cosecha de agua de lluvia. La ASA en la actualidad está compuesta por más de 1000 organizaciones de 12 estados de Brasil.

El programa "1 millón de cisternas" (PIMC) nace a principio de 2000 para mejorar la vida de las familias que viven en la región semiárida de Brasil, garantizando el acceso al agua de calidad como objetivo principal. A través del almacenamiento de agua de lluvia en cisternas de 16.000 litros construidas con placas de cemento en la cercanía de cada casa (cosechando el agua de los techos de las casas), las familias que viven

en las zonas rurales de los municipios semiáridas tienen acceso al agua potable. El P1MC genera impactos positivos, no sólo para las familias, sino también para las comunidades rurales en su conjunto, como una mayor asistencia a la escuela, la reducción de la incidencia de enfermedades relacionadas con el consumo de agua contaminada y la disminución de la carga de trabajo doméstico para las mujeres.

La tecnología de cosecha de agua de lluvia a través de cisternas de placas de cemento desarrollada por la ASA se denomina "tecnología social" porque si bien tiene un componente técnico de infraestructura, en gran medida está sostenida por sus componentes sociales y organizativos que empujan a la gente a unirse y organizarse alrededor de la necesidad de abastecerse de agua. Según Valquiria Lima, lo primordial para que ésta tecnología funcione es la participación de la comunidad "el proceso de movilización de las comunidades y las familias es importante y se realiza desde el principio. Sería fácil contratar una empresa para construir una cisterna...sería muy fácil pero la familia no la valoraría y almacenaría cualquier cosa ahí adentro menos agua...". La participación social además garantiza la sostenibilidad de la tecnología implementada y su cuidado y mantenimiento "la diferencia es que la familia conquistó, a través de su participación, la tecnología de la cisterna, la aprendió a manejar y el resultado es fruto de su trabajo y esfuerzo" (Valquiria Lima, Cochabamba, 29 junio 2016).

Con el fin de aumentar la disponibilidad de agua de las familias, las comunidades rurales y poblaciones tradicionales, en 2007 la Red ASA crea el "Programa Una Tierra y Dos Aguas" (P1 + 2) para atender las necesidades de agua para los cultivos y los animales. Los objetivos del P1 + 2 son promover la soberanía y seguridad alimentaria y nutricional de las familias de agricultores y promover la generación de empleo e ingresos. El programa contempla la construcción de cisternas de placas de 52.000 litros y superficies de cemento de 200 metros cuadrados en el piso para la cosecha de agua de lluvia. La estrategia para lograr estos objetivos es estimular la construcción de procesos participativos para el desarrollo rural en la región semiárida de Brasil.

A partir del 2009 la articulación lanza el programa "Cisternas en las Escuelas" que tiene como objetivo llevar el agua a las escuelas rurales de la región semiárida utilizando las cisternas de 52.000 litros como una tecnología social para el almacenamiento de agua de lluvia desde los techos y tinglados de las escuelas. La llegada del agua en la escuela tiene un significado especial, ya que permite el funcionamiento completo de estos espacios de aprendizaje y de vida, incluso en periodos de sequía. De este modo, entre 2009 y 2011 se construyeron 875 cisternas escolares en 143 municipios de la región semiárida. En 2015, la ASA se inicia una nueva fase, que beneficiará a cinco mil escuelas en un periodo de dos años. Este programa de cisternas de agua en las escuelas "lo llamamos agua para



educar...muchas escuelas no tenían agua, el programa de cisternas en las escuelas da la posibilidad de que las escuelas rurales sigan funcionando” (Valquiria Lima, Cochabamba, 29 junio 2016).

Para profundizar la convivencia con las condiciones semiáridas, la ASA puso en marcha en 2015 un programa que fortalece el cultivo y el almacenamiento, esta vez, de las semillas nativas. Además de la infraestructura para almacenar agua para beber y producir, las familias son apoyadas en su práctica de guardar las semillas nativas.

Todos estos programas apuntan a mejorar las condiciones de vida de las familias en el campo para que puedan permanecer en sus territorios llevando una vida digna y plena. Al mismo tiempo estos programas proponen un nuevo camino para la construcción de políticas públicas desafiando el paradigma verticalista (de arriba hacia abajo). Una política pública, según la red ASA, debe ser “una acción que nace de la sistematización de experiencias y saberes locales y de la movilización y participación de la sociedad para que sea eficaz y sostenible” y pueda garantizar el derecho de la población rural a tener agua de calidad para el consumo y para la producción de alimentos y medios de subsistencia (ASA).

## La Experiencia Boliviana

La tecnología social de cosecha de agua de lluvia compartida de forma generosa por nuestros compañeros y compañeras de Brasil no es una receta confeccionada y cerrada, es una herramienta que tiene que ser apropiada y adecuada a la realidad y contexto socio cultural en la que se aplica. El proyecto “Triángulos en el Agua” ha sido una primera experiencia piloto que ha demostrado muchas potencialidades, ha generado gran interés tanto de la población de las comunidades como de instancias gubernamentales que hoy en día están desarrollando iniciativas para implementar estas soluciones frente a la escasez de agua.

A lo largo de su implementación, el proyecto demostró ser precursor y cada vez más sinérgico con las políticas del Gobierno de Bolivia que identificó a su vez la cosecha de agua de lluvia como una estrategia viable para alcanzar el acceso universal al agua especialmente en las poblaciones dispersas de las zonas rurales en la región del altiplano. De hecho, en agosto de 2015 se promulgó el Decreto Supremo N°2472 que introduce el programa “Cosechando Vida - Sembrando Luz” y establece la cosecha de

aguas pluviales como un vehículo para garantizar el derecho de acceso al agua a toda la población del país mediante la creación de mecanismos de financiación y la coordinación interinstitucional. Los esfuerzos del Gobierno de Bolivia también son apoyados por el Gobierno de Brasil y la Organización para la Agricultura y la Alimentación de las Naciones Unidas (FAO) con el que se establecieron contactos para intercambiar información y mejores prácticas con respecto a las tecnologías sociales de cosecha y almacenamiento de agua de lluvia. Estos intercambios provechosos enfrentaron tanto temáticas meramente constructivas e hidráulicas así como temas de organización y movilización social (en lugar de la “donación” de las cisternas en modalidad “llaves en mano”) que consideramos el factor central para el éxito a largo plazo de este tipo de iniciativas y a la vez elemento de criticidad en la implementación de una política pública nacional.



## 4. Tecnología hidráulica y gestión del conocimiento

Alfredo Durán Núñez del Prado<sup>1</sup> y Jhyllmar Ortiz Céspedes<sup>2</sup>  
Centro AGUA-UMSS

### Introducción

La situación del agua en Cochabamba es cada vez más preocupante, dado que existe un proceso de deterioro ambiental generalizado que incide en las condiciones sociales, económicas y de gobernanza con peligrosas consecuencias futuras. Esta situación se refleja en una compleja problemática caracterizada por varios procesos interconectados:

- Desecamiento de las fuentes de agua
- Escasez de agua y conflictividad
- Contaminación de fuentes de agua
- Precariedad de sistemas hídricos
- Variabilidad climática (sequía, inundación)
- Enfoque de oferta (más y más agua)
- Política de inversión (solo obras y casi ninguna asistencia técnica ni acompañamiento)
- Débil institucionalidad y falta de capacidades (planificación, regulación, gestión, diseño, implementación)

1. Ing. Agrónomo. MSc en Riego. Docente-investigador Centro AGUA-UMSS. Coordinador del Programa GIRH-ASDI-UMSS.

2. Ing. Civil. MSc en Gestión Integral del Agua. Investigador del Centro AGUA-UMSS.

Ante tal escenario, el actual marco institucional se ve desbordado por el cúmulo de desafíos, problemas y demandas que se generan día a día desde diferentes sectores y se hace cada vez más difícil concertar, organizar, planificar o regular aspectos relacionados con el desarrollo de recursos hídricos y su gestión.

Por otro lado, existe un creciente número de iniciativas desde el nivel local tendientes a aprovechar y optimizar las aguas y recursos ya existentes, así como a desarrollar nuevas iniciativas para captar fuentes adicionales de agua. Es el caso por ejemplo de incipientes procesos de tecnificación de sistemas hídricos, la cosecha de agua de lluvia y almacenamiento para su uso posterior, la construcción de humedales que además de depurar aguas servidas, permiten aportes adicionales de agua para su re-uso en agricultura, entre varias otras opciones tecnológicas que podrían ser factibles de implementar.

No obstante, en todos los casos, hay un importante componente de tecnología hidráulica, entendiendo este concepto como una combinación de conocimiento sobre las propiedades hidráulicas sobre las que se actúa (captura, conducción, almacenamiento, distribución), los artefactos hidráulicos involucrados (equipos, dispositivos y artefactos hidráulicos específicos, materiales, etc.), las condiciones para la adecuada gestión del sistema hídrico, así como los requerimientos para su operación y mantenimiento.

Las innovaciones tecnológicas cuestan dinero, pero cuando la tecnología se pone al alcance del poblador común, los beneficios pueden ser significativos, como lo demuestran los avances de la tecnología de comunicaciones. En el caso de la tecnología hidráulica, el problema que se percibe es justamente una falta de conocimiento y entendimiento sobre procesos básicos relacionados con el aprovechamiento del agua, y en relación a la tecnología requerida para su gestión y sus usos.

Dados los críticos problemas que se presentan cotidianamente en relación al aprovechamiento del agua y la disposición y/o tratamiento de aguas residuales, el conocimiento básico sobre tecnología hidráulica no solo es una necesidad social, sino que debe ser parte de las políticas de desarrollo de recursos hídricos regionales y nacionales.

El presente artículo pretende poner en evidencia, a través de un ejemplo sobre los problemas que se confrontan en los procesos de tecnificación de sistemas de riego, los requerimientos de conocimiento y gestión de

la tecnología que deberían ser parte del conocimiento popular y que son una condición para la implementación adecuada de proyectos hídricos innovadores que den respuestas concretas a las demandas poblacionales.

### **Gestión del conocimiento sobre la tecnología hidráulica**

La implementación de nuevos métodos de captación, conducción, almacenamiento, tratamiento y distribución de agua, sustentada en un sólido conocimiento popular sobre la tecnología hidráulica es un requisito para la implementación de sistemas hídricos estratégicos e innovadores. Es decir, existe la necesidad de gestionar el conocimiento hidráulico de forma tal que la tecnología se constituya en una efectiva herramienta de trabajo y no siga siendo otro agujero negro de difícil comprensión para el común de la gente.

La gestión del conocimiento, expresada en el entendimiento individual y colectivo de los múltiples procesos relacionados a la tecnología hidráulica en sus dimensiones hidrológica, hidrogeológica, hidráulica, política, técnica, ambiental y socioeconómica, constituye un importante punto de partida para el abordaje integral de la problemática del agua y del rol de la tecnología hidráulica en la mejora de las condiciones de acceso, uso y gestión del agua.

Asimismo, la comprensión de las tecnologías hidráulicas puede facilitar la construcción de voluntad social y política, de estructuras de gobernanza y respaldos institucionales, como parte de un esfuerzo colectivo tendiente a mejorar las condiciones de gobernanza del agua y contribuir a la sostenibilidad de los sistemas hídricos. En última instancia, la gestión del conocimiento de la tecnología hidráulica, en un marco de permanente interacción con los actores locales, puede conducir a un escenario en el cual la toma de decisiones para el aprovechamiento de fuentes de agua se establezca paulatinamente en un marco de planificación y regulación orientado a velar por el bienestar social y ambiental.

### **Conocimiento hidráulico y tecnificación del riego**

Un sistema de riego consta de una o más fuentes de agua, infraestructura hidráulica que permite su captación, almacenamiento, conducción y distribución. Para que el sistema funcione adecuadamente, se establece un marco de acuerdos entre los usuarios en el cual se definen los

derechos, las formas de reparto del agua, las actividades de operación y mantenimiento, y todos estos acuerdos se los pone en práctica a través de una organización de usuarios.

Tomando como ejemplo un sistema de aguas subterráneas para mostrar las típicas dificultades en la transformación de sistemas de riego superficiales en sistemas presurizados (aspersión y/o goteo), hay varios aspectos relacionados con la tecnología. El siguiente esquema muestra los elementos constituyentes de un sistema de riego con aguas subterráneas:

**Figura 1.**

Sistema de riego con aguas subterráneas.



Fuente: Ortiz, 2015.

El esquema muestra la situación inicial, riego por inundación, que se pretende transformar a riego por aspersión. El sistema consta de un pozo, como fuente de agua, en el cual está instalada una bomba, que extrae el agua hacia la superficie. Para que la bomba funcione se requiere de una instalación eléctrica, consistente de un transformador y un tablero de control, el cual permite la conexión del sistema eléctrico de la bomba a la fuente de energía (red de electricidad).

Una vez con el pozo en funcionamiento, en un sistema de riego superficial, el agua fluiría a través de canales y tuberías siguiendo las reglas de distribución de agua establecidas. A partir de tales escenarios, hay un gran interés de los regantes de transformar sus sistemas hacia riego por aspersión,

asumiendo que ello les brindará beneficios como ahorros de agua, mayores eficiencias, y con ello mayores posibilidades productivas: incremento de área regada, mayor productividad, diversificación y/o intensificación de cultivos, nuevas estrategias productivas (siembras tempranas, cultivos escalonados, etc.). Pero salvo el azar, no hay la posibilidad automática de convertir un sistema superficial a uno presurizado, pues no existen las condiciones físicas para generar los parámetros hidráulicos requeridos para un sistema por aspersión.

En un sistema por aspersión, el factor crítico es la generación de presión adicional para que el agua que circula en tuberías, pueda efectivamente salir con la energía necesaria de los aspersores. En sistemas de laderas, la presión requerida proviene de la pendiente del terreno, pero en sistemas de zonas planas, la presión adicional puede provenir de tanques elevados o por bombas instaladas para ese fin.

El siguiente esquema muestra el contraste entre la actual creencia popular, de que es suficiente con la bomba del pozo para generar la presión requerida, o eventualmente instalar un tanque elevado que cumpla dicha función. Pero las condiciones hidráulicas para el riego por aspersión necesitan más que eso: una bomba de superficie y la posibilidad de varios tanques ubicados estratégicamente podrían generar tales condiciones.

**Figura 2.**

Cambios tecnológicos y alternativas de presurización



Fuente: Ortiz, 2015.



¿Qué cambios hay en relación al sistema superficial? La fuente de agua sigue siendo la misma (pozo), aunque eventualmente podría cambiarse la bomba, dependiendo de la alternativa elegida: el sistema eléctrico, que puede incluir nuevos equipos de arranque y automatización, y posiblemente aumente el consumo de energía.

Los cambios centrales son que la conducción del agua debe ser por tuberías, seguramente se requerirá alguna bomba adicional para generar presión y la construcción de estanques a nivel del suelo y/o tanques elevados, además de los aspersores y materiales relacionados. Estos cambios involucran modificaciones en la gestión del agua: nuevas reglas de distribución, posiblemente caudal en multiflujo, nuevos requisitos de operación y mantenimiento. Asimismo, los costos de instalación de esta nueva infraestructura son altos y las necesidades de diseño, asistencia técnica y acompañamiento son considerablemente mayores.

Es decir, hay un cúmulo de necesidades de conocimiento para que la nueva tecnología se instale óptimamente. Todo ello ya se está haciendo y con mucho éxito en distintos lugares del planeta y en Cochabamba parece ser absolutamente necesario.

Por tanto, el tema de fondo cuando se plantean innovaciones tecnológicas en relación al agua es la situación de seguridad hídrica: ¿las innovaciones realizadas garantizan un mejor acceso al agua y por tanto aseguran usos domésticos y productivos de los pobladores?; ¿existen mejoras evidentes en parámetros hidráulicos críticos como el almacenamiento y las condiciones hidráulicas del sistema?; ¿el sistema puede ser gestionado de forma eficaz por los usuarios del sistema?; ¿los usuarios han generado las condiciones para que el nuevo sistema sea sostenible (costos, aspectos técnicos, acuerdos)?

Si la respuesta es positiva, quiere decir que existe un sólido proceso de innovación tecnológica basado en las capacidades locales, existe una gestión del conocimiento sobre la tecnología hidráulica aplicada, y en última instancia, existe un sistema de riego sostenible, menos vulnerable y que permite mayor seguridad hídrica a sus usuarios.

Esta tendría que ser la meta a lograrse y una forma de avanzar en ello es a través de las alianzas institucionales. Un consorcio conformado por Universidades y otras instancias técnicas (Colegios de ingenieros por ejemplo), ONGs, organizaciones de usuarios y bajo un marco de

coordinación con instancias de Gobierno (Gobernación y Municipios), brinda todas las condiciones para que el proceso, si se lo hace responsablemente, logre la meta planteada. La pregunta sería: ¿cuándo comenzamos?



## 5. Manual de Construcción Cisterna de 52.000 litros

En esta última sección de la presente publicación queremos compartir nuestros aprendizajes en la construcción de las cisternas de placas de 52.000 litros para la cosecha de agua de lluvia. A lo largo del proyecto “Triángulos en el Agua” se construyeron 7 cisternas, aprendiendo, validando y adaptando la metodología constructiva desarrollada a lo largo de los años por la red ASA de Brasil. Esperamos que este manual básico pueda contribuir a la réplica de esta solución efectiva y ecológica para enfrentar la escasez de agua en otras comunidades de Bolivia y del continente.

### Selección del lugar

Para ubicar una cisterna de cosecha de agua es necesario considerar una superficie de captación de agua de lluvia que pueda garantizar una cosecha suficiente para llenar la cisterna y otorgar los beneficios esperados. Calculado la precipitación promedio de 500 mm/año (datos del Departamento de Cochabamba) se necesita una superficie de captación

entre 180 y 200 metro cuadrados. Esta superficie puede ser el techo de un edificio o habitación, el tinglado de una cancha polifuncional en una escuela, alternativamente se puede realizar una superficie de captación de concreto directamente en el piso. También se pueden considerar soluciones alternativas de captación de agua como un canal de riego, una vertiente, un atajado entre otras.

La cisterna debe ser ubicada lejos de árboles cuyas raíces pudieran dañar la infraestructura y lejos de pozos ciegos u otras fuentes de posible contaminación del agua cosechada.

## Materiales de Construcción

Para la realización de una cisterna de 52.000 litros se tienen que considerar los siguientes materiales de construcción:

- 65 Bolsas de Cemento
- 10 Barras fierro construcción de 6
- 22 Barras fierro construcción de 8
- Alambre Galvanizado 50 kg (#12)
- 12 m<sup>3</sup> de Arena Lavada
- 5 m<sup>3</sup> Arena Corriente
- 2 m<sup>3</sup> de Arena Boleada
- Tubo PVC Alcantarillado de 6 Pulgadas
- 2 Bolsas de Cal
- ½ Rollo de Malla de Gallinero
- 2 Kg de Clavos de 2"
- 1 m Tubo PU de 1 Pulgada
- 3 Kg de Alambre de Amarre
- 3 Bolsas de impermeabilizante Sika
- 2 Maderas de 30 cm
- 2 Maderas de 20 cm

Además de estos materiales de construcción hay considerar los siguientes accesorios:

- Filtro Metálico con Rejilla
- Tapa de la Cisterna en Plancha
- Bomba Manual o Eléctrica

Finalmente, hay que considerar los materiales para la cosecha de agua

de lluvia como canaletas, tubos de PVC y accesorios hidráulicos (codos, uniones patentes, etc.) cuyas cantidades son variables dependiendo de la situación específica de cada sistema de captación de agua (tamaño de la superficie de captación, distancia de la cisterna, etc.).

## Herramientas

Por lo que se refiere a las herramientas de trabajo se necesitan:

- 1 mezcladora eléctrica o a gasolina
- 4 Palas
- 2 Carretillas
- 4 Cucharas
- 4 Baldes
- Flexo
- Corta Hierro
- Doble Hierro
- 2 Reglas de 4 m
- Nivel
- Escalera
- Cernidor de arena
- Martillo
- 1 Rodillo para pintar
- Alicata
- Tenaza
- 2 Frotachones
- 1 Pedazo de Plastoformo
- Aceite Usado
- 3 Maderas de 315 cm
- 8 puntales de madera de 280 cm con listones

## Equipo de Trabajo

Con el fin de optimizar el tiempo para la construcción de una cisterna de 52.000 litros se debe considerar un equipo de trabajo conformado minimamente por: un maestro albañil capacitado en la tecnología de construcción, 2 ayudantes albañiles y la mano de obra voluntaria de la comunidad (o familia) que se beneficiará de la cisterna para cosecha de agua de lluvia.

## Excavación

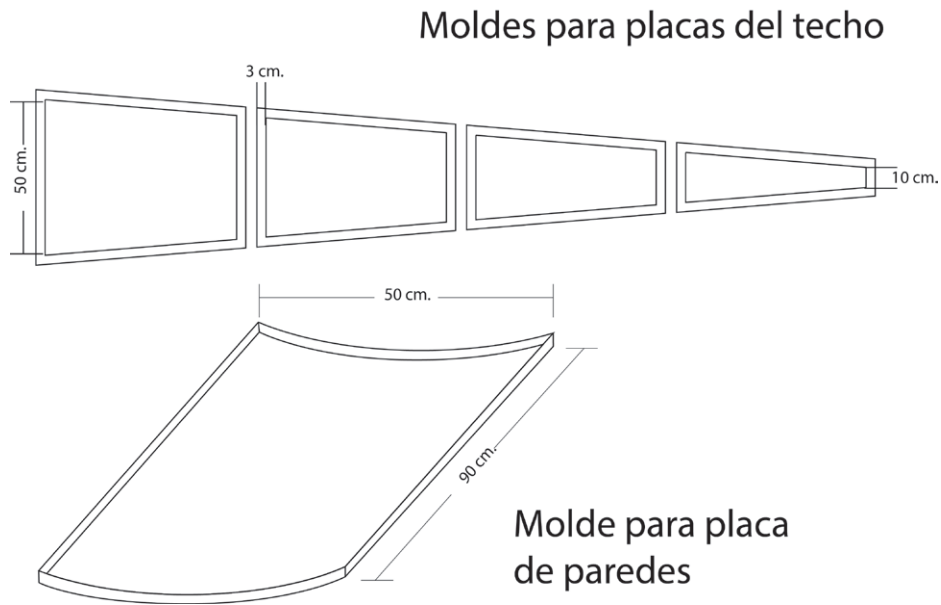
Las cisternas de 52.000 litros deben ser semienterradas para garantizar la resistencia y la duración de la infraestructura. Por lo tanto se necesita realizar una excavación antes de empezar con los trabajos de construcción. La excavación puede ser realizada manualmente o con retroexcavadora

(dependiendo de las condiciones del terreno y oportunidades) y tiene que tener un diámetro de 8 metros y una profundidad desde 1 metro a 1,5 metros.

### Realización de las placas de cemento (para las paredes y el techo)

Estas cisternas de cosecha de agua se caracterizan por realizarse en placas de cemento, metodología constructiva que permite abaratar considerablemente los costos de los materiales de construcción y el tiempo de realización de la obra. Para realizar las placas se necesita estirar una cama de arena corriente de 2 a 3 cm en el piso sobre una superficie que sea plana y regular.

Para realizar las placas es necesario contar con 5 moldes prefabricados de fierro (1 para las placas de las paredes y 4 para las placas del techo) de las siguientes formas y medidas:



Las placas son de cemento por lo cual se precisa preparar una mezcla con las siguientes proporciones: 3 baldes de arena lavada y 1 balde de cemento.

Echar la mezcla despacio al interior del molde y nivelarla con una regla para que quede al ras del molde, después retirar el molde con cuidado para realizar la siguiente placa (ver imagen al comienzo del presente capítulo).

Los moldes para la construcción de las placas del cuerpo de la cisterna tienen una curvatura, para mantener esta curvatura hay que moldear la arena del piso (con el mismo molde de construcción) antes de echar la mezcla. Se sugiere incorporar en las placas del cuerpo de la cisterna una malla de gallinero (al interior de la placa) para aumentar su resistencia.

Para construir una cisterna de 52.000 litros se necesitan 74 placas de las paredes y 148 placas del techo (37 por cada uno de los 4 moldes para el techo).

En las 37 placas de la segunda fila de la pared hay que cortar un espacio hueco de 10 cm x 10 cm para poder apoyar sucesivamente las viguetas. Acordarse de dejar 2 huecos (1 para la entrada de agua y 1 para la salida) en 2 placas realizadas con los moldes más grandes para las placas del techo y 1 hueco en 1 placa de la pared (para el desagüe).

Se sugiere realizar unas placas de reserva para poder reemplazar las placas que pudieran romperse.

Las placas deben secar 3 días antes de poder ser utilizadas. Se recomienda mojarlas con agua cada 3-4 horas para garantizar un fraguado lento y una mayor resistencia.

### Realización de las viguetas

Las viguetas de la cisterna se realizan con la misma técnica de las placas, por lo tanto hay que preparar una cama de arena de 2-3 cm antes de empezar con el trabajo.

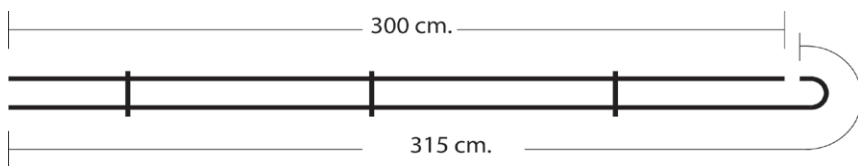
Para la realización de las viguetas se necesitan 3 maderas de 315 cm de largo, 10 cm de alto y 5 de grueso. Dos de las tres maderas precisan un corte de 45 grados en una de sus extremidades. Estas 3

maderas se utilizarán para realizar un molde adentro del cual se echará la mezcla. La extremidad inferior de las viguetas deberá tener un ancho de 8 cm mientras que la extremidad superior de 6 cm (ver foto).



Armado de moldes para viguetas

La mezcla para la preparación de las viguetas tendrá que tener las siguientes proporciones: 3 baldes de arena boleada y 1 balde de cemento. Para garantizar la resistencia de las viguetas se armará una estructura de fierro. Para este efecto se necesita cortar 2 barras de fierros de 8: una de 315 cm y la otra de 310 cm. El fierro más largo tiene que ser doblado formando un gancho de 5 cm a una de las extremidades. Las dos barras de fierro tienen que ser unidas a una distancia de 3,5 cm con alambre galvanizado. Para la construcción de una cisterna de 52.000 litros se necesitan 37 viguetas por lo tanto habrá que armar 37 estructura de fierro (una por cada vigueta).



Los ganchos de las barras de fierro tienen que salir afuera del cemento para permitir un posterior amarre y garantizar mayor estabilidad. También las viguetas tienen que ser mojadas cada 3-4 horas para garantizar el mejor fraguado posible.

### Realización del piso de la cisterna

Nivelar el terreno dentro la excavación antes de la realización del piso asegurándose que la superficie sea homogénea y recta. Si el terreno no es suficientemente sólido se aconseja realizar una soladura con piedras para garantizar la estabilidad de la cisterna y evitar hundimientos.

Realizar un círculo con un radio de 320 cm de referencia y vaciar una capa de cemento de 3 cm con una mezcla de las siguientes proporciones: 5 baldes de arena (3 baldes de arena lavada y 2 de arena boleada) y 1 balde de cemento.

Sucesivamente armar una estructura de fierro de 6: 4 círculos concéntricos a la distancia de 75 cm el uno del otro, amarrados con 4 fierros en posición diametral como en la siguiente foto:



Dejar 3 fierros de 8 que del centro del círculo marcado se eleven hacia arriba de 285 cm para el posterior armado de la columna central.

Vaciarse una última capa de 3 cm encima de la estructura de fierro con una mezcla de las siguientes proporciones: 3 baldes de arena lavada y 1 balde de cemento.

### Armado de las placas de las paredes

Una vez terminado y fraguado el piso de la cisterna se puede empezar el armado de las placas de las paredes. Se realizarán dos círculos de 37 placas cada uno. Antes de colocar las placas se realizará un círculo de referencia con un radio de 310 cm y se deben limpiar las placas con una escobilla para sacar los depósitos de arena y tierra.

Antes de colocar la primera fila, disponer las 37 placas afuera del círculo trazado para facilitar la distribución de las mismas y el cálculo de la distancia entre una placa y la otra.

Colocar una capa de mezcla de 1 cm de grosor y 50 cm de ancho donde se incrustará la primera placa. Procurar que las placas no queden inclinadas (con ayuda de un hilo y plomo o un nivel de mano).

Sostener las placas con dos palos para evitar que se deslicen mientras que se endurece la mezcla.

Una vez armada la primera fila de 37 placas, amarrarlas que tres vueltas de alambre galvanizado. Esperar una hora antes de armar la segunda fila de placas (con el corte de 10 cm x 10 cm hacia arriba para el posterior apoyo de las viguetas) con la misma metodología.

### Revoque externo y encamisado de alambre

Antes de empezar con el revoque externo se debe encamisar la cisterna con 50 vueltas de alambre galvanizado empezando por abajo y subiendo hacia arriba. Una vez terminado se debe tensar el alambre (despacio y con cuidado que no se rompa) para que quede aprieto y cumpla con su función de contención del peso del agua.

Una vez terminado con el encamisado se puede realizar el revoque externo que debe tener 3 cm de espesor. Preparar una mezcla con las siguientes proporciones: 4 baldes de arena cernida y 1 balde de cemento.



Levigar la superficie de la cisterna revocada con un frotachón y un pedazo de plastroformo para que quede homogénea.

Insertar 50 cm de tubería de PVC de 1 pulgada en el agujero dejado anteriormente en una de las placas del cuerpo para el desagüe de la cisterna (en el caso que la cosecha de lluvia sobrepase la capacidad de almacenamiento).

### Armado de la columna central y el sombrero

Para armar la columna central, instalar un tubo de PVC de alcantarillado de 6 pulgadas con un altura de 280 cm en los fierros verticales armados anteriormente. Vaciarse adentro del tubo de PVC la mezcla en las siguientes proporciones: 5 baldes de arena (3 baldes de arena lavada y 2 baldes de arena boleada) y 1 balde de cemento.

Sucesivamente armar una parrilla redonda de fierro de 6 de 1 metro de diámetro para el sombrero de la columna.

Armar un encofrado de madera en forma circular en la punta de la columna y vaciar un redondo de cemento de 10 cm de altura alrededor de la parrilla de fierro precedentemente armado.

Una vez fraguados la columna y el sombrero podrán sostener las viguetas y el techo de la cisterna.

### Revoque interno y relleno de la excavación

Concluido el revoque externo y armada la columna central con su sombrero se puede empezar a rellenar la excavación al exterior de la cisterna (preferiblemente con mano de obra comunitaria para que los albañiles puedan seguir trabajar en el revoque interno).

Para el revoque interno hay que prepara una mezcla con las siguientes proporciones: 3 baldes de arena cernida, 1 balde de cemento e impermeabilizante Sika.

Revocar la pared interna de la cisterna con un espesor de 3 cm y levigar teniendo cuidado de no dejar fisuras o irregularidades que puedan perjudicar la capacidad de la cisterna de almacenar el agua de lluvia.

### Armado del techo y revoque

Una vez secado el revoque externo, armada la columna central con su sombrero y rellena la excavación exterior a la cisterna, se puede construir el techo de la misma. Se colocarán las 37 viguetas desde los huecos de la fila superior de las placas, apoyándose en el sombrero de la columna central.

Después se deben amarrar los 37 ganchos de las viguetas para garantizar una mayor una estabilidad.

Una vez colocadas y amarradas las viguetas apuntalarlas con 8 puntales de madera con respectivos listones para sostener las 37 viguetas y poder armar el techo.



Sucesivamente apoyar las 148 placas del techo encima de las viguetas. No olvidar dejar el espacio para la puerta de la cisterna y 2 huecos (una para la entrada del agua y uno para su salida).

Finalmente se realizará el revoque del techo con una mezcla de las siguientes proporciones: 3 baldes de arena cernida y 1 balde de cemento.

### Impermeabilización de la cisterna

Para prevenir la filtración de agua se realizará una impermeabilización del piso de la cisterna con 1 cm de una mezcla de cemento (1 balde), arena cernida (3 baldes) e impermeabilizante Sika.

Opcionalmente se puede pintar todo el interior de la cisterna con una pintura hidrófuga.

### Instalación del filtro, la puerta y la bomba

Una vez terminada la cisterna se debe colocar un filtro con un cernidor a la entrada de la tubería de cosecha de agua de lluvia. Este filtro sirve para prevenir la entrada en la cisterna de material grueso y suciedad que se pueda acumular en el techo o en la superficie de captación de agua que se utilice.

Sucesivamente, instalar una puerta para poder entrar en la cisterna y realizar la limpieza y el mantenimiento necesarios.

Además, instalar una bomba (manual o eléctrica) para poder retirar el agua cosechada y utilizarla para los fines deseados.

### **Instalación del sistema de captación de agua y accesorios hidráulicos**

Finalmente proceder con la instalación de la captación de agua de lluvia. Estas instalaciones pueden ser muy variables (en materiales y costos) dependiendo de las superficies de captación de agua y su distancia de la cisterna.





# Agradecimientos

Los socios del proyecto "Triángulos en el Agua" desean agradecer a quienes colaboraron solidariamente en la realización del proyecto. A todos los comunarios y comunarias de Cliza, Arbieto, Toco y Tarata por su participación firme y constante en todo el proceso. A los compañeros de Bellaflor de Pukara por su compromiso recíproco con otras comunidades de Cochabamba, en especial a Beltrán, Feliciano, Alex, Don Julio y Doña Ricarda. A Don Abdón y la Escuela Andina del Agua de Flores Rancho por ser un punto de referencia en todo el desarrollo del proyecto. A las instituciones educativas involucradas: el Instituto Tecnológico Agropecuario de Tarata, la Escuela Santa Rosa de Lima de Arbieto, la Unidad Educativa Jesús Terceros de Sacaba y el Centro Agua de la UMSS. Al equipo técnico de la Fundación Abril: Camila, Eliana, Lucia, Tita y Gabriel. A Víctor Hugo Olguín por compartir su experiencia y capacidad en todas las instalaciones hidráulicas y al Ing. Francisco Guardia por su precioso asesoramiento. A la Gobernación de Cochabamba y los ingenieros, Ramiro Ríos, Luis Salazar y al arquitecto José García por creer en el proyecto y acompañar su realización. Al Alcalde de Toco, Tito Almendras, por su colaboración firme y desinteresada. A Marco Iob y Eleonora Polano y todo el personal y los voluntarios del CeUl en Italia y en Brasil. A Baruc y Roy y todos los trabajadores de la empresa CASALME S.r.l. A Marcela Olivera, Adam Cronkright, Ravahn Samati y el dragón Mateo por su apoyo solidario y permanente. A los amigos de Brasil del CAU y la red ASA por compartir generosamente sus conocimientos, en especial a Juliano, Marcos y Valquiria. A todos los que trabajaron voluntariamente en la construcción de las cisternas de agua, cargando piedras, arena y cemento...y sobre todo solidaridad y esperanza.

El proyecto "Triángulos en el Agua" ha sido realizado con el apoyo de la Regione Friuli Venezia Giulia y la Chiesa Valdese de Italia.



REGIONE  
AUTONOMA  
FRIULI  
VENEZIA  
GIULIA

otto  
8 per  
8 mille  
CHIESA VALDESE  
www.chiesavalde.it

