



Organización de las Naciones
Unidas para la Alimentación
y la Agricultura

ESTADO PLURISOCIAL DE
BOLIVIA

ABC
AGENCIA
BRASILEÑA DE
COOPERACIÓN
MINISTERIO DE RELACIONES EXTERIORES

MINISTERIO DE
RELACIONES
EXTERIORES

GOBIERNO FEDERAL
BRASIL
UNIÓN Y RECONSTRUCCIÓN



Construcción de cisternas para cosecha de agua de lluvia en tres comunidades indígenas de Charagua

Una tecnología socialmente adaptable

.....

Construcción de cisternas para cosecha de agua de lluvia en tres comunidades indígenas de Charagua

Una tecnología socialmente adaptable

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura

y

Agencia Brasileña de Cooperación del Ministerio de Relaciones Exteriores

y

Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras

La Paz, 2024

Cita requerida:

FAO, ABC/MRE y MDRyT. 2024. *Construcción de cisternas para cosecha de agua de lluvia en tres comunidades indígenas de Charagua — Una tecnología socialmente adaptable*. La Paz. FAO, ABC/MRE y MDRyT. <https://doi.org/10.4060/cc9595es>

Las denominaciones utilizadas y la presentación del material en este producto informativo no implican la expresión de ninguna opinión por parte de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), la Agencia Brasileña de Cooperación del Ministerio de Relaciones Exteriores (ABC/MRE) y el Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras (MDRyT) sobre el estado legal o de desarrollo de cualquier país, territorio, ciudad, área o sus autoridades competentes, o sobre la delimitación de sus fronteras o límites. La mención de productos específicos de empresas o fabricantes que hayan sido o no patentados, no implica que cuenten con el aval o recomendación de la FAO, la ABC/MRE y el MDRyT, en perjuicio de otros de naturaleza similar que no han sido mencionados.

© FAO, ABC/MRE y MDRyT, 2024



Algunos derechos reservados. Este trabajo se ofrece bajo licencia comunes creativos Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 IGO (CC BY-NC-SA 3.0 IGO; <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/igo/legalcode>).

De acuerdo con las condiciones de la licencia, se permite copiar, redistribuir y adaptar la obra para fines no comerciales, siempre que se cite correctamente, como se indica a continuación. En ningún uso que se haga de esta obra debe darse a entender que la FAO, ABC/MRE o MDRyT refrenda una organización, productos o servicios específicos. No está permitido utilizar el logotipo de la FAO, ABC/MRE o MDRyT.

En caso de adaptación, debe concederse a la obra resultante la misma licencia o una licencia equivalente de Creative Commons. Si la obra se traduce, debe añadirse el siguiente descargo de responsabilidad junto a la referencia requerida: "La presente traducción no es obra de Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), la Agencia Brasileña de Cooperación del Ministerio de Relaciones Exteriores (ABC/MRE) o el Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras (MDRyT) responsable del contenido ni de la exactitud de la traducción. La edición original en inglés o español será el texto autorizado".

Toda controversia que surja en el marco de la licencia y no pueda resolverse de forma amistosa se resolverá a través de mediación y arbitraje según lo dispuesto en el artículo 8 de la licencia, a no ser que se disponga lo contrario en el presente documento. Las reglas de mediación aplicables serán las del Reglamento de Mediación de la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual <http://www.wipo.int/amc/en/mediation/rules> y todo arbitraje se llevará a cabo de conformidad con el Reglamento de Arbitraje de la Comisión de las Naciones Unidas para el Derecho Mercantil Internacional (CNUDMI).

Materiales de terceros. Si se desea reutilizar material contenido en esta obra que sea propiedad de terceros, por ejemplo, cuadros, gráficos o imágenes, corresponde al usuario determinar si se necesita autorización para tal reutilización y obtener la autorización del titular del derecho de autor. El riesgo de que se deriven reclamaciones de la infracción de los derechos de uso de un elemento que sea propiedad de terceros recae exclusivamente sobre el usuario. La FAO fomenta el uso, la reproducción y la difusión del material contenido en este producto informativo. Salvo que se indique lo contrario, se podrá copiar, descargar e imprimir el material con fines de estudio privado, investigación y docencia, o para su uso en productos o servicios no comerciales, siempre que se reconozca de forma adecuada a la FAO, a la ABC y el MDRyT como las fuentes y titulares de los derechos de autor, y que ello no implique en modo alguno que la FAO, la ABC y el MDRyT aprueban los puntos de vista, productos o servicios de los usuarios. Solicitudes relativas a la traducción y los derechos de adaptación deberán dirigirse a www.fao.org/contact-us/licence-request o a copyright@fao.org. La venta o el uso comercial de este material son prohibidos. Los productos de información de la alianza Brasil-FAO están disponibles en el sitio web de la Organización (www.fao.org/publications).

Programa de Cooperación Internacional Proyecto Brasil-FAO
Proyecto +Algodón

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura - FAO
Oficina Regional para la América Latina y el Caribe

Gobierno de Brasil
Agencia Brasileña de Cooperación del Ministerio de Relaciones Exteriores – ABC/MRE

Gobierno del Estado Plurinacional de Bolivia
Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras – MDRyT

Contenido técnico: Santos Poma Quispe, Victor Hugo Vargas y Rosendo Mendoza.

Coordinación y supervisión: Adriana Gregolin

Edición técnica: Emmanuel Salgado Funes e Ingrid Zabaleta

Diseño gráfico: Erikson Aponte

Supervisión gráfica: Palova Brito

Índice

Abreviaturas	IV
Prólogo	V
La experiencia de Brasil en el desarrollo de tecnologías de captura de agua	VI
Antecedentes en Santa Cruz	1
El proyecto +Algodón Estado Plurinacional de Bolivia	2
Objetivos de la iniciativa	2
Las cisternas de cosecha de agua de lluvia como una tecnología social para el desarrollo rural	2
Metodología de la implementación de las cisternas	3
Proceso de socialización del sistema de cosecha de agua	4
Labor de construcción de las cisternas con capacidad de 52 m ³	5
Materiales requeridos	5
Metodología de trabajo	8
Elaboración de viguetas	8
Elaboración de placas de pared	9
Elaboración de placas de techo	10
Cavado, empedrado y armado de la parrilla de fondo	10
Ensamblado de la cámara de llaves, vaciado de la faja y levantada pared	11
Vaciado del piso, asegurado, revoque externo e interno	12
Techado e instalación del sistema de captación, rebalse, bomba manual y pintado	13
Detalle de costos	14
Implementación de huertos con apoyo del agua de la cisterna	15
Abonos orgánicos	15
Elaboración de compost	15
Elaboración de biol	15
Conclusiones de la experiencia	16
Recomendaciones finales	16
Bibliografía	17
Anexos	18

Abreviaturas

ABC Agencia Brasileña de Cooperación

ASA Articulación del Semiárido Brasileiro

CELAC Comunidad de Estados Latinoamericanos y Caribeños

ECA escuelas de campo de agricultores

GAIOC-Charagua Gobierno Autónomo Indígena Originario Campesino de Charagua

MDRyT Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras

MMAyA Ministerio de Medio Ambiente y Agua

MRE Ministerio de Relaciones Exteriores

PDES Plan Nacional de Desarrollo Económico y Social

PIMC Programa de Un millón de cisternas

FAO Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura

TIOC territorios indígenas originarios campesinos

Prólogo

El agua es la esencia de la vida y, sin duda, un recurso fundamental para la seguridad alimentaria y nutricional en territorios rurales. En el Estado Plurinacional de Bolivia, donde las dinámicas climáticas pueden oscilar entre la sequía y las lluvias torrenciales, garantizar el acceso a agua segura y suficiente es esencial para preservar la salud y el bienestar de las comunidades rurales. La dependencia de la agricultura en estas regiones rurales, donde la producción alimentaria es la columna vertebral de la subsistencia y constituye su base económica, subraya la necesidad crítica de una gestión eficiente y sostenible del recurso hídrico. La escasez de agua afecta directamente la productividad agrícola, incrementando la vulnerabilidad de comunidades ya expuestas a la variabilidad climática extrema.

La implementación de sistemas eficientes de recolección de agua, como las cisternas, se presenta como una respuesta estratégica para mitigar los impactos de la variabilidad climática y fortalecer la seguridad alimentaria. El presente documento registra la experiencia de construcción de cisternas para cosecha de agua de lluvia como tecnología socialmente adaptable, facilitada por el proyecto +Algodón en el marco del Programa de Cooperación Internacional Brasil-FAO. El proyecto +Algodón es una iniciativa de cooperación Sur-Sur trilateral desarrollada por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), el Gobierno de Brasil, por medio de la Agencia Brasileña de Cooperación del Ministerio de Relaciones Exteriores (ABC/MRE), y siete países socios, entre ellos el Estado Plurinacional de Bolivia, a través del Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras (MDRT).

Las informaciones reunidas en la presente publicación se erigen como testimonio de un esfuerzo colectivo, impulsado por la búsqueda de soluciones innovadoras y sostenibles para abordar los desafíos hídricos que afectan a comunidades vulnerables.

Las páginas que siguen describen el proceso de transformación comunitaria vivido en el Estado Plurinacional de Bolivia, con enfoque en la participación colectiva intergeneracional y el desarrollo de innovaciones gracias a la implementación de cisternas para cosecha de agua lluvia. Desde las etapas iniciales de planificación hasta los impactos y actividades tangibles en las comunidades, cada capítulo refleja el compromiso de trabajo de las organizaciones locales, instituciones de investigación e internacionales al acceso equitativo al agua y el desarrollo sostenible.

Esta experiencia también se enmarca en la visión estratégica de la FAO, que se basa en las cuatro mejoras –mejor producción, mejor nutrición, mejor medio ambiente y mejor vida– y en el enfoque de “asegurar que nadie se quede atrás”. Estos pilares guían cada acción establecida, asegurando que las soluciones implementadas no solo aborden la escasez de agua, sino que también contribuyan a un desarrollo agrícola sostenible, mejoren la calidad de vida de las comunidades y promuevan la conservación ambiental.

Este relato no solo celebra los logros alcanzados, sino que también destaca la resiliencia de las comunidades bolivianas y su capacidad para afrontar desafíos de manera colaborativa. Es un testimonio de cómo la unión de esfuerzos, el valioso intercambio técnico de conocimientos de parte de Brasil y la orientación de instituciones globales como la FAO y su compromiso con las cuatro mejoras pueden forjar un camino hacia un futuro más próspero y sostenible para todos.

Rodrigo Roubach,
Representante de la FAO en el Estado Plurinacional de Bolivia

La experiencia de Brasil en el desarrollo de tecnologías de captura de agua

En la región semiárida brasileña, la escasez de agua es histórica. Es la región semiárida más poblada del mundo. La "industria de la sequía" mantuvo el control de las políticas públicas de distribución de agua potable. La búsqueda del acceso al agua de calidad es una realidad desde hace muchos años, y las acciones públicas y de la sociedad civil dirigidas a la difusión de las cisternas de placas tienen como objetivo una convivencia digna de las poblaciones del semiárido brasileño. La cisterna de placa es una tecnología social que almacena agua de calidad para las familias del semiárido brasileño.

El creador de la cisterna de placa de hormigón fue Manoel Apolônio de Carvalho en el Municipio de Simão Dias, en el interior del estado de Sergipe, en Brasil. Él decía que era testigo de todo el sufrimiento de su familia que no tenía agua ni para bañarse, porque no podría desperdiciar el agua.

La crisis del agua en el Nordeste brasileño hizo que la sociedad civil y sus alianzas buscasen mejoras para enfrentar la sequía, especialmente el agua para consumo familiar. A partir de las experiencias de algunas organizaciones, surgieron posibilidades para la implementación de acciones para mejorar la calidad de vida de las personas en la región semiárida. En este contexto, se construyeron las primeras cisternas.

En 1999, fue creada la Articulación del Semiárido Brasileño (ASA) para desarrollar acciones para la implementación de tecnologías para la convivencia con el semiárido brasileño, destacándose las cisternas para captación de agua para consumo humano. La ASA es una red conformada por más de tres mil organizaciones de la sociedad civil que luchan por el desarrollo social, económico, político y cultural del semiárido, desde una perspectiva de convivencia con la sequía. Para la Asociación, el problema en la región semiárida no es la falta de lluvia, sino su concentración en pocos meses del año.

En 2003, el Gobierno Federal de Brasil creó el Programa Un millón de Cisternas (PIMC) que fortaleció las acciones de ASA y estableció una alianza para beneficiar a cinco millones de personas en toda la región semiárida con agua potable para beber y cocinar, a través de cisternas de placa. Un millón de cisternas conforman una infraestructura de almacenamiento y suministro descentralizada y democratizada con capacidad para 16 mil millones de litros de agua y utilizando mano de obra y materias primas locales, capacitando a las familias e involucrando a toda la comunidad en el proceso de transformación social.

El proceso de construcción de cisternas genera nuevas dinámicas de inclusión y empoderamiento social, crea vínculos de cooperación, despierta el sentimiento de identidad local y de pertenencia a la comunidad, siendo de gran importancia para garantizar el acceso al agua en la región brasileña.

Marenilson Batista da Silva

Director de Asistencia Técnica y Extensión Rural del Ministerio de Desarrollo Agrario y Agricultura Familiar de Brasil (MDA)

Antecedentes en Santa Cruz

El departamento de Santa Cruz es el segundo con mayor cantidad de habitantes después del departamento de La Paz, su población total asciende a 2 026 914, de los cuales 774 294 corresponden a pueblos originarios (38 %) y 1 252 620 representan a la población no-originaria (62 %). La mayor población de habitantes en el departamento de Santa Cruz que proviene de pueblos originarios son los chiquitanos y guaraníes con una población total de 187 569 y 95 863 habitantes correspondientemente, de los cuales solamente el 33 y 47 % residen en el área rural (Hartmann-Luzio, 2003). El municipio de Charagua es el más extenso del Estado Plurinacional de Bolivia, con una superficie de 74 424 km², que representa el 6,5 % del territorio boliviano. En este municipio hay cuatro territorios indígenas originarios campesinos (TIOC). Uno de ellos es el TIOC Charagua Norte, que se ubica en el sector oeste del municipio y comprende a 30 comunidades de la Nación Guaraní, con una población de 7 200 personas.

Los sistemas productivos de las familias del municipio de Charagua se caracterizan por combinar especies multianuales frutales o maderables con plantas de ciclo corto. Estas comunidades cultivan en áreas de no más de 5 ha en tierras de carácter comunal, que incluyen en promedio entre 0,5 ha y 2 ha de algodón. Utilizan un sistema diversificado de producción de algodón y alimentos tales como maíz, yuca, camote, zapallo, frijol, kumanda entre otros. Además, suelen mantener en sus jardines entre cinco a nueve plantas de algodón nativo de tres a cuatro colores diferentes. Este sistema tiene la cualidad de proteger el suelo y fortalecer la biodiversidad. Su producción se centra en el cultivo de alimentos indispensables, y cultivos con valor para transformación en artesanías, todos con la finalidad de generar crecimiento y desarrollo integral de las familias de las comunidades en los territorios.

La temperatura media en el municipio de Charagua es de 23 °C, la máxima media es de 35 °C y la mínima media es de 12 °C. Las temperaturas más altas se registran en los meses de noviembre y diciembre. Las precipitaciones son variables, disminuyen de noroeste a sudeste. La precipitación media anual oscila entre 843 mm (comunidad de Masavi, al norte) y 883 mm (localidad de Charagua).

El periodo de mayor lluvia se registra entre los meses de noviembre y marzo con el 75 % de la precipitación anual; el periodo seco entre abril y octubre con el 25 % de precipitación (Gobierno Municipal de Charagua, 2003). Se han identificado tres meses que acumulan un gran porcentaje de la precipitación anual (58 %), que corresponden a los meses de diciembre, enero y febrero. Entre junio y agosto se tiene el periodo más seco con el 3 % de la precipitación anual.

Al inicio de la ejecución del proyecto +Algodón Estado Plurinacional de Bolivia, se recibió de parte de las autoridades del Gobierno Autónomo Indígena Originario Campesino de Charagua (GAIOC-Charagua), una solicitud de construcción de cisternas o aljibes (conocido así en la zona), con la finalidad de cosechar y almacenar agua de lluvia para ser aprovechada en la producción de hortalizas. Por ello, se implementó el modelo productivo cisterna más producción de alimentos, este modelo productivo, se ubicó en comunidades, con una capacidad de almacenamiento de 52 m³ de agua. Esto en un contexto donde las comunidades indígenas rurales obtienen agua principalmente de pozos con bomba, pozos sin bomba y a través de lagunas o lagos.

Las tres comunidades seleccionadas correspondieron a la zona de Charagua Norte, en las que fueron seleccionadas unidades educativas para el desarrollo de las actividades.

1. *Unidad Educativa Profesor Elvio Suarez, Taputá, ubicada a 40 km al norte de la población de Charagua.*
2. *Unidad Educativa 30 de septiembre, Masavi, ubicada a 70 km al norte de Charagua.*
3. *Escuela Normal de Formación Docente de Charagua, ubicada a 2 km al este de Charagua Iyambae.*

La elección de las comunidades responde a la necesidad de contar con agua para la producción de sus alimentos. En el caso de la comunidad de Masavi, considerada una de las más grandes de Charagua, no contaba con este sistema de captación de agua, mientras que la comunidad de Taputá, reporta constantemente la falta de agua en su comunidad.

Para la identificación y selección de las unidades educativas beneficiarias, se consideró las sugerencias de las autoridades comunales (capitanes) y de los técnicos del gobierno municipal, llegando a ser beneficiadas las tres unidades educativas en cada comunidad. Para ello, se consideró la participación de los alumnos quienes han conocido el procedimiento de la construcción de la cisterna.

La tecnología de construcción de las cisternas fue introducida desde Brasil, en el 2013, y replicada con éxito en diferentes zonas geográficas del Estado Plurinacional de Bolivia, bajo la denominación de "cisternas de placas prefabricadas", que son sistemas de cosecha de agua y almacenamiento con capacidades de 16 m³ y 52 m³, que surgen como alternativa para uso durante la época seca.

El proyecto +Algodón en el Estado Plurinacional de Bolivia

El proyecto regional de cooperación Sur-Sur Trilateral +Algodón, desarrollado entre el Gobierno de Brasil, por medio de la Agencia Brasileña de Cooperación del Ministerio de Relaciones Exteriores (ABC), y la FAO, con presencia en cinco países de América Latina y el Caribe (Estado Plurinacional de Bolivia, Colombia, Ecuador, Paraguay y Perú), tiene como objetivo promover y fortalecer la cadena del algodón, instalar capacidades a nivel institucional y generar políticas públicas de promoción y conservación para el sector algodonero de los países de la región, a partir de las experiencias y buenas prácticas desarrolladas en Brasil.

Dentro de las acciones propuestas por el proyecto +Algodón Estado Plurinacional de Bolivia están:

- **Revisar y desarrollar de políticas y marco normativo específico para algodón.**
- **Estimular una mayor participación del Estado, en el nivel central y descentralizados.**
- **Fortalecer las capacidades de los técnicos gubernamentales en Asistencia Técnica y extensión rural para apoyar a los pequeños agricultores familiares, organizaciones económicas, productores de algodón y pueblos originarios guaraníes y chiquitanos.**
- **Fomentar el comercio justo, que permita oportunidades de mercado que favorezcan un mayor acceso a familias pobres a diversificar sus opciones económicas.**
- **Promover el desarrollo de tecnologías e innovaciones que favorezcan la subsistencia de las comunidades rurales, la producción de algodón y cultivos asociados, su procesamiento y venta para la generación de ingresos y acceso a servicios y mejor infraestructura.**

Una actividad enmarcada dentro los objetivos del proyecto es “capacitar a los miembros de la red ATER en técnicas de cosecha de agua de lluvia (cisternas) implementando tres modelos de 52 m³ en unidades educativas de Charagua”. Para cumplir el objetivo se implementó la metodología de escuelas de campo de agricultores (ECA), basada en un intercambio de conocimientos horizontal con base en la construcción e implementación de la tecnología social de cosecha de agua.

Objetivos de la iniciativa

- **Implementar sistemas de captación de agua de lluvia para su aprovechamiento en actividades agroproductivas con enfoque en la resiliencia de las comunidades, en un contexto de cambio climático y sequía.**
- **Compartir conocimiento en construcción y mantenimiento de cisternas como innovación y tecnología social, replicable y transferible entre los miembros de cada comunidad beneficiaria y otras interesadas en implementar esta tecnología.**

- **Fortalecer la organización comunal, mediante el trabajo social comunitario y el compartir conocimientos entre los miembros de la comunidad, permitiendo una mayor y más eficiente gestión territorial para la toma de decisiones, gestión de los recursos e inversión en infraestructura.**

Las cisternas de cosecha de agua de lluvia como una tecnología social para el desarrollo rural

La importancia de la construcción de cisternas de cosechas de agua de lluvia es el aprovechamiento del agua de lluvia que puede ser utilizada para el aseo personal, producción u otros.

Aprovechar el potencial de las innovaciones agrícolas, ya sean soluciones sencillas o tecnologías complejas, ayudará a evitar que una sequía se convierta en hambruna, un desplazamiento forzado de la población y a revertir la desertificación. El cambio climático altera los patrones de las lluvias, produciendo sequías o inundaciones, siendo los hogares rurales los más afectados. En ese sentido, existen varias tecnologías utilizadas para captación y almacenamiento de agua: tanques de piedra, represas y cisternas.

La ventaja de estas tecnologías es que permiten asegurar el acceso a agua limpia e inocua durante las temporadas secas, además de contribuir a una agricultura resiliente frente al cambio climático, y a la generación de ingresos y producción de alimentos para consumo. Permiten la participación comunitaria en la gestión de estas innovaciones, promoviendo el desarrollo territorial de las comunidades al reinvertir los ingresos y tiempo generados por el uso de estas tecnologías; finalmente, permiten el desarrollo de capacidades locales al fortalecer conocimientos en cuanto al uso, construcción y mantenimiento de las cisternas, gestión del agua y adaptación al cambio climático, favoreciendo la diversificación de ingresos y mejorar las condiciones de vida y vivienda (FAO, 2018; Lasa, 2019).

Entre estas tecnologías, las cisternas corresponden a un depósito de captación de agua construido con placas prefabricadas de cemento, de forma cilíndrica y que está cubierto para evitar la contaminación y la evaporación del agua almacenada. También existen cisternas de placas, ladrillos, hierro y polietileno. Este tipo de cisternas se puede usar en un rango amplio de condiciones agroecológicas y climáticas,

principalmente para zonas donde hay baja precipitación y mala distribución, de hasta 2 500 mm (FAO, 2013).

A fin de mantener la temperatura del agua y garantizar la seguridad de la estructura, las cisternas se instalan de manera que queden semienterradas. El agua de lluvia que cae sobre los techos de la vivienda es dirigida a través de tubos de PVC hasta el depósito. Las ventajas de la construcción e implementación de las cisternas es su reducido costo, fácil construcción y material fácil de conseguir, siendo una tecnología socialmente adaptable.

Entre los beneficios sociales que se extraen de esta tecnología está el favorecimiento del cambio de actividades agrícolas y la diversificación de ingresos, permitiendo el cambio de una agricultura de granos a otra de hortalizas y frutas, como es el caso del semiárido brasileño y favorece la disponibilidad de agua para consumo animal, humano y producción de cultivos alimentarios (leguminosas, hortalizas, plantas, árboles frutales) y no alimentarios como el algodón en sistemas diversificados de producción de alimentos y cultivos de generación de renta en zonas con escasez hídrica o mala distribución de lluvias como es el caso de Charagua y otras localidades de América Latina y el mundo. Por otro lado, la implementación de cisternas permite facilitar el trabajo doméstico y reproductivo, liberar y visibilizar las capacidades productivas de las mujeres agricultoras y facilitar la participación de jóvenes en las actividades de la unidad productiva y la comunidad.

Para asegurar la calidad e inocuidad del agua recolectada, es importante adoptar una serie de medidas de mantenimiento en las cisternas, entre las que se destaca: colocar barreras físicas, construirla a por lo menos 30 m de los pozos y corrales, tratar el agua, vigilar el origen del agua, limpiar y desinfectar periódicamente (al menos una vez por año), no captar las primeras aguas de las lluvias, proteger las entradas y salidas del agua con telas de alambre, verificar posibles rajaduras y proliferación de arbustos (FIDA, 2020).

Gracias al apoyo de la cooperación Sur-Sur, a través del proyecto +Algodón, las experiencias de implementación de esta tecnología tuvieron éxito. En el 2013, se introdujo esta tecnología en los municipios de Tarabuco y Betanzos, del departamento de Potosí, que permitió la construcción de 350 cisternas de 16 m³ para uso familiar a través del proyecto piloto Construcción de cisternas y cosecha de agua en los municipios de Tarabuco del departamento de Potosí, ejecutado por el Ministerio de Medio Ambiente y Agua (MMAyA), los gobiernos municipales de ambos municipios y la FAO, con el financiamiento de la cooperación brasileña (MMAyA, 2017).

La infraestructura entregada en la comunidad de Mojo Poco fue la primera cisterna de 52 m³ de capacidad construida en el país, empleándose la misma tecnología que la de 16 m³ con los ajustes y recomendaciones técnicas necesarias.

En el 2016, en el departamento de La Paz, en la provincia Camacho, se desarrolló el proyecto Soberanía alimentaria y, en el 2018, en la provincia Omasuyos, se implementó el proyecto Asistencia técnica para la territorialización de las acciones del Plan de las Comunidad de Estados Latinoamericanos y Caribeños (CELAC) y el Plan Nacional de Desarrollo Económico y Social (PDES), en comunidades rurales del Altiplano del Norte de La Paz, con modelos productivos de cisterna más invernadero. Esta tecnología fue asimilada por los beneficiarios y técnicos municipales, quienes realizaron réplicas de las cisternas de 16 m³ y 52 m³ de capacidad con fondos de los planes operativos anuales comunales y fondos municipales, en diferentes comunidades.

Con la implementación de las cisternas de 16 m³ y 52 m³ de capacidad, las familias en el área rural mejoran su seguridad alimentaria y reducen enfermedades gastrointestinales con el acceso a agua segura que, según la Constitución Política del Estado, en su artículo 16, que establece que toda persona tiene derecho al agua y a la alimentación, en el texto: "El Estado promoverá el uso y acceso al agua sobre la base de principios de solidaridad, complementariedad, reciprocidad, equidad, diversidad y sustentabilidad".

El acceso equitativo al agua de la población para fines de consumo humano y productivo es una base fundamental para el desarrollo de la sociedad. Aun cuando el país cuenta con una alta disponibilidad de agua en su territorio, su escasez en algunas regiones, el deterioro de la calidad de los cuerpos de agua y el incremento en la competitividad sobre su acceso, hace cada día más urgente alcanzar un enfoque integral de la gestión del recurso que tome en cuenta las necesidades de los diferentes usuarios y actores que lo comparten, así como valorar la importancia del agua para mantener y conservar los ecosistemas.

Metodología de la implementación de las cisternas

Para la implementación, la elaboración, la construcción y el funcionamiento de las cisternas, se empleó la metodología de enseñanza denominada escuela de campo de agricultores (ECA), que se basa en:

- **Aprender haciendo.**
- **Enseñanza horizontal.**
- **Participación de todos, sin exclusión de género o generacional.**
- **Un medio de aprendizaje: la construcción de la cisterna.**

En base a esta metodología de enseñanza se realizaron las siguientes actividades:

- **Socialización del trabajo.**
- **Coordinación con autoridades locales (coordinador, capitanes, técnicos municipales, profesores y estudiantes).**
- **Conformación del grupo de trabajo.**
- **Ubicación de la cisterna (participativa).**
- **Elaboración de placas de pared, techo y viguetas.**
- **Cavado, nivelado, empedrado y armado de la parrilla de fondo.**
- **Instalación de los tubos de limpieza y salida de agua.**
- **Vaciado de la línea maestra.**
- **Levantado de pared.**
- **Vaciado de la loza de fondo.**
- **Asegurado con alambre galvanizado (exterior).**
- **Revoque externo, interno y piso.**
- **Techado.**
- **Pintado interno y externo.**
- **Instalación del sistema de captación de agua de lluvia.**

La capacidad del almacenamiento por cisterna es de 52 m³, el tiempo que demora en el llenado dependerá de la precipitación fluvial a registrarse. El agua acumulada tendrá un periodo de duración de al menos un mes de acuerdo con la intensidad del uso brindado, según requerimientos de la comunidad, y su adecuado tratamiento. Una aproximación sobre la duración del almacenamiento del agua dependerá de factores como el número de familias o personas que acceden a este recurso y el uso para limpieza, higiene personal, producción de alimentos, etc.

Proceso de socialización del sistema de cosecha de agua

El proceso se inició con la socialización (cuadro 1) de la construcción del sistema de cosecha de agua (cisterna de 52 m³) y la metodología de ejecución ECA. Esta actividad se realizó en coordinación con las autoridades de cada unidad educativa (coordinador y directores). La socialización estuvo dirigido a profesores, estudiantes, padres de familia y autoridades.

Se inició con la socialización el 14 de septiembre de 2018 en predios de la Escuela Normal de Charagua, se registró la participación 45 personas (41 mujeres y cuatro hombres) de los cuales 43 fueron estudiantes y dos fueron profesores.

El 17 de septiembre de 2018, se desarrolló en taller de socialización en la sede de la comunidad de Masavi, con la presencia de 33 personas (21 hombres y 12 mujeres), entre padres de familia, profesores y el director responsable.

En 19 de septiembre de 2018, en predios de la Unidad Educativa Profesor. Elvio Suarez de la comunidad de Taputá, se realizó el taller de socialización en la cual participaron 135 personas (70 mujeres y 65 hombres), entre estudiantes, profesores, padres de familia y autoridades.

Cuadro 1. Detalle de participantes en el proceso de socialización del sistema de cosecha de agua en tres centros educativos

N.º	Unidad Educativa	Comunidad	Mujeres	Hombres	Subtotal
1	Normal Charagua	Charagua	41	4	45
2	Prof. Elvio Suarez	Taputá	70	65	135
3	30 de septiembre	Masavi	12	21	33
Total de participantes			123	90	213

Fuente: elaboración propia

Labor de construcción de las cisternas con capacidad de 52 m³

El proceso se inició el 25 de septiembre de 2018, en la Escuela Normal de Charagua; el 4 de octubre en la Unidad Educativa Profesor Elvio Suarez, de la comunidad de Taputá; y el 11 de octubre en predios de la Unidad Educativa 30 de septiembre de la comunidad de Masavi respectivamente.

Materiales requeridos

Los materiales requeridos se detallan en el cuadro 2, son materiales para construcción, cámara de válvulas más accesorios, bomba manual, sistema de captación, material minino de trabajo y moldes, requeridos para la construcción e implementación de la cisterna de 52 m³. La cantidad de materiales para el sistema de captación puede variar según las condiciones del lugar.

Cuadro 2. Detalle de materiales requeridos para la construcción de la cisterna de 52 m³

N.º	Requerimientos	Unidad	Cantidad
1	Arena fina	m ³	14
2	Gravilla chancada de $\frac{3}{4}$ pulgadas (19,5 mm)	m ³	7
3	Cemento portland estándar	bolsas	84
4	Fierro corrugado de $\frac{1}{2}$ pulgadas (12,7 mm)	barras	30
5	Fierro corrugado de $\frac{1}{4}$ pulgadas (6,35 mm)	barras	10
6	Alambre galvanizado nº. 12	kg	50
7	Hidrófugo protex (SIKA 1) de 18 l	balde	4
8	Pintura para piscina color celeste Monopol (18 l)	balde	1
9	Compuerta metálica (0,50 m x 0,56 m) de acuerdo con planos	pieza	1
10	Pintura látex exterior color blanco Monopol (18 l)	balde	1
11	Tubo PVC de desagüe de 2 pulgadas (50,8 mm)	barra	1
12	Alambre de amarre	kg	5
13	Piedra (empedrado base cisterna)	m ³	6
14	Cemento portland estándar	bolsas	84

Camara de válvulas + accesorios			
15	Cañería plástica PVC de 2 pulgadas (50,8 mm) con rosca E-40	barra	2
16	Llave de paso de 2 pulgadas (50,8 mm) ITALY	pieza	2
17	Unión universal de 2 pulgadas (50,8 mm) de plástico con rosca	pieza	4
18	Niple de plástico de 2 pulgadas (50,8 mm) con rosca	pieza	4
19	Taraja de 2 pulgadas (50,8 mm)	pieza	1
20	Teflón	pieza	7
21	Sella rosca mediano	plomo	1
22	Codos de PVC de 2 pulgadas (50,8 mm) con rosca	pieza	2
Bomba manual			
23	Tee de ½ pulgada (12,7 mm) de PVC con rosca (tigre)	pieza	1
24	Tapón hembra de PVC ½ pulgada (12,7 mm) con rosca (tigre)	pieza	2
25	Cañería plástica PVC ½ pulgada (12,7 mm) para rosca (tigre)	barra	0,5
26	Cañería plástica PVC 1 pulgada (25,4 mm) para rosca (tigre)	barra	0,5
27	Reducción de tipo copla 1 pulgada (25,4 mm) a 3/4 pulgada (19,5 mm) de PVC con rosca (tigre)	pieza	1
28	Tee de 1 pulgada (25,4 mm) de PVC con rosca (tigre)	pieza	1
29	Niple de 1 pulgada (25,4 mm) de PVC con rosca de (tigre)	pieza	3
30	Codo de 1 pulgada (25,4 mm) de PVC con rosca (tigre)	pieza	1
31	Niple de ½ pulgada (12,7 mm) de PVC con rosca (tigre)	pieza	1
32	Reducción de tipo copla o campana de 1 pulgada (25,4 mm) a ½ pulgada (12,7 mm) de PVC con rosca	pieza	3
33	Codo de ½ pulgada (12,7 mm) de PVC con rosca (tigre)	pieza	2
34	Taraja de ½ pulgada (12,7 mm)	pieza	1
35	Taraja de 1 pulgada (25,4 mm)	pieza	1
36	Teflón	pieza	6

Sistema de captación (varia*)			
37	Codo PVC de 90 ° de 3 pulgadas (76,2 mm)	pieza	2
38	Tee PVC de desagüe de 3 pulgadas (76,2 mm)	pieza	1
39	Tubo PVC de desagüe de 3 pulgadas (76,2 mm)	barra	3
40	Abrazadera para tubo de desagüe 3 pulgadas (76,2 mm) + ramplu nro. 8 + tornillo	juego	4
41	Broca nro. 8 con punta diamantada	pieza	2
42	Cemento transparente para PVC de 375 ml	frasco	1
Material minimo			
43	Arco de sierra metálica + hoja	equipo	1
44	Llaves stilson medianas	pieza	2
45	Rodillo de esponja	pieza	3
46	Soga de plástico de 1,5 cm de diámetro	metro	22
47	Frotachos de madera	pieza	4
48	Grifa metálica para doblado de fierros	pieza	1
49	Nivel (tramontina de 50 cm largo)	pieza	1
50	Barrilejos (medianos)	pieza	2
51	Tenazas(tramontina)	pieza	1
52	Regla de albañil (6 m)	barra	1
53	Guantes de lana engomadas	unidad	4
54	Guantes de goma	unidad	7
55	Flexómetro 5 m (tramontina)	unidad	1
56	Wincha (50 m)	unidad	1
57	Lienza o cordón (100 m)	unidad	1
Moldes			
	Molde de techo de 52 m ³ (según planos)	pieza	1
	Molde de pared de 52 m ³ (según planos)	pieza	2
	Molde de vigueta de 52 m ³ (según planos)	pieza	1

Fuente: elaboración propia

Metodología de trabajo

La metodología de trabajo aplicada, en los tres casos, se basó en una transferencia de conocimientos prácticos y teóricos, para lo cual se conformaron grupos de trabajo con directores, profesores, estudiantes, autoridades comunales y padres de familia, encargados de diferentes actividades: cortado y armado de fierros para viguetas, preparado de mezcla hormigón ciclópeo, elaboración de placas de pared, techo y viguetas, traslado de material y agua para las mezclas.

Elaboración de viguetas

Los grupos encargados iniciaron con el cortado de los fierros de $\frac{1}{2}$ pulgada (12,7 mm) y $\frac{1}{4}$ pulgada (6,35 mm), doblado y asegurado según las recomendaciones técnicas, elaborando un total de 37 unidades para cada cisterna. Posteriormente se preparó mezcla hormigón ciclópeo, con relación 1:2:2 para las placas de pared y viguetas, y relación 1:2:1 para placas de techo, como se observa en la imagen 1.

Técnica de elaboración de viguetas

1. *Trabajar sobre una base de arena de 3 cm.*
2. *Para el armazón de fierros, se debe cortar dos fierros de $\frac{1}{2}$ pulgada (12,7 mm) con longitudes de 3,25 m y 3,08 m y un fierro de $\frac{1}{4}$ de pulgada (6,35 mm) de 3,15 m.*
3. *Colocar el molde húmedo sobre la base de arena y acomodar el armazón de fierro al centro del molde, para luego vaciar la mezcla de hormigón ciclópeo y con ayuda de un fierro presionar (chusear), para que la mezcla ingrese en todo el molde, inmediatamente se debe retirar el molde.*
4. *Se requieren 37 viguetas, por lo que se debe hacer 37 armazones de fierro.*
5. *Humedecer todos los días para un buen fraguado.*

Imagen 1. Se elaboraron viguetas en la Escuela Normal de Charagua.



©FAO/Santos Poma

Imagen 2. Se elaboraron viguetas en la Escuela Normal de Taputá.



©FAO/Santos Poma

Elaboración de placas de pared

En cada centro educativo, los grupos responsables iniciaron con la preparación de la base, incorporando en el piso una capa de 3 cm de arena (se recomienda sobre una lona o carpita para reutilizarla posteriormente), sobre la cual se elaboraron las placas. Posteriormente, se preparó la mezcla hormigón ciclópeo en la relación 1:2:2. Con ayuda del molde

lavado puesto en la arena, se vació la mezcla dentro el molde, apisonando para que no haya lugares vacíos. Luego, con ayuda de una regla, se niveló la superficie y se procedió a retirar el molde. En todos los casos se realizó la demostración práctica, para que luego los beneficiarios continúen con el trabajo (Imagen 3).

Técnica de elaboración de placas de pared

1. *El molde debe ser humedecido, esto ayudará a que la placa quede bien.*
2. *El molde tiene una longitud interna de 50 cm x 60 cm, con una inclinación al centro de 1 cm de la parte más corta, la cual debe ser moldeada en la arena antes de vaciar la mezcla.*
3. *La mezcla por utilizar será hormigón ciclópeo (1:2:2), lo que quiere decir que por cada bolsa de cemento se utilizará dos carretillas de arena y dos carretillas de gravilla chancada de $\frac{3}{4}$ pulgadas (19,05 mm).*
4. *Vaciar la mezcla sobre el interior del molde con cuidado y apisonar para que no quede lugares sin mezcla, nivelamos con la regla y con cuidado procedemos a retirar el molde.*
5. *Se requieren un total de 111 placas de pared, de los cuales 74 placas serán enteras (primera y segunda fila) y 37 placas que tendrán un corte en la parte superior de 10 cm x 10 cm (tercera fila), se recomienda elaborar a una placa más por cada fila.*
6. *Humedecer todos los días para un buen fraguado.*

Imagen 3. Se elaboraron placas de pared en la Escuela Normal de Charagua.



©FAO/Santos Poma

Imagen 4. Se elaboraron placas de pared en la Escuela Normal de Taputá.



©FAO/Santos Poma

Elaboración de placas de techo

Los grupos responsables, colocaron una capa de arena en el suelo de 3 cm, sobre la cual se procedió a colocar el molde techo y se vació la mezcla de hormigón ciclópeo en relación 1:2:1. Posteriormente, se presionó para no dejar espacios libres, con ayuda de la niveló y se procedió retirar el molde. También como en los casos anteriores se realizó una demostración para que luego los beneficiarios continúen con el trabajo.

Técnica para la elaboración de placas de techo

1. *Humedecer el molde y colocar sobre la arena, en este caso no es necesario moldear en la arena ya que el molde es plano.*
2. *Vaciar mezcla hormigón ciclópeo (1:2:1), por cada bolsa de cemento se debe mezclar dos carretillas de arena y una carretilla de gravilla chancada de $\frac{1}{4}$ pulgadas (19,05 mm).*
3. *Vaciada la mezcla se debe apisonar y nivelar con la regla e inmediatamente retirar el molde con mucho cuidado.*
4. *Se requieren 37 juegos de placas (cada juego tiene cinco piezas), se recomienda elaborar un juego de más.*
5. *Humedecer todos los días para un buen fraguado.*

Cavado, empedrado y armado de la parrilla de fondo

Después de verificado el lugar para que la construcción sea correcta, se realizó el replanteo y, posteriormente, se procedió a cavar el área designada para la construcción de la cisterna. En cada lugar la profundidad de cavado fue diferente, según sus características. Luego se procedió a nivelar y empedrar toda la base. Con otro grupo se cortaron, doblaron y aseguraron los fierros de $\frac{1}{2}$ pulgada (12,7 mm) para el armado de la parrilla de fondo (Imagen 5).

Imagen 5. Cavado, empedrado y armado de la parrilla de fondo-Masavi



©FAO/Santos Poma

Imagen 6. Cavado, empedrado y armado de la parrilla de fondo-Masavi



©FAO/Santos Poma

Técnica para el establecimiento de inicial de la cisterna

Replanteo. Se refiere a ubicar el lugar exacto para el cavado del área designado para la construcción de la cisterna.

Cavado y empedrado. Una vez designado el área de construcción, se recomienda cavar una profundidad de 1 m dependiendo de la topografía del lugar y un diámetro de 7,50 m. Posterior al cavado se realiza el empedrado o zampeado de toda el área con piedra manzana.

Armado de la parrilla de fondo y cámara de llaves. A la par del empedrado se recomienda realizar el armado de la parrilla de fondo, para lo cual se utilizan 10 barras de fierro de $\frac{1}{2}$ pulgada (12,7 mm), según se detalla en los planos. Para el armado de la cámara de llaves se utiliza los dos tubos de PVC E-40, niples, unión universal, llaves de paso, codos de 2 pulgadas (50,8 mm) y teflón.

Ensamblado de la cámara de llaves, vaciado de la faja y levantada pared

El siguiente paso fue cortar los tubos de 2 pulgadas (50,8 mm) E-40 para que, con ayuda de los niples, las uniones universales y las llaves de paso, asegurar y elaborar dos juegos de cámara de llaves (uno de limpieza y uno de riego). Posteriormente, sobre el empedrado se acomodaron los dos tubos (cámara de llaves), sobre los cuales se colocó la parrilla de fondo, para luego proceder con el vaciado de la mezcla para el hormigón ciclópeo (1:2:2), del centro y la faja y el nivelado correspondiente.

Vaciado de la faja de fondo y nivelado. Una vez listo el empedrado, parrilla de fondo y los tubos con la cámara de llaves, se procede a la preparación de mezcla hormigón ciclópeo (1:2:2) para vaciar en el anillo central a una altura de 10 cm y sobre el anillo de fierro externo con una altura de 10 cm y un ancho de 30 cm (15 cm a cada lado), para luego nivelar la mezcla del centro con la mezcla del anillo exterior (imagen 4). Posteriormente, con ayuda del flexómetro se mide desde el centro hacia el anillo exterior un radio de 3,10 m y se procede a marcar la circunferencia y dividirlo en 37 partes, que será la guía para levantar la pared.

Imagen 7. Se realizó el vaciado de la faja de fondo y el nivelado



©FAO/Santos Poma

Levantado de pared. Después del fraguado de la faja de fondo, sobre el interior de la marca de la circunferencia se coloca mezcla mortero (1:2) con SIKA, a unos 4 cm de altura sobre la cual se debe colocar la placa de pared (del lado que mide 50 cm), se nivela la parte de arriba y los costados, para luego asegurar con varillas de madera a cada lado. Entre placas se debe dejar un espacio de 1 cm que servirá para emboquillar que a su vez ayudará a unir las placas de pared. Esta labor se repite hasta completar la tercera fila. Importante en la segunda fila se debe dejar una placa libre y en la tercera dos placas libres que servirán como entrada momentánea para el ingreso de la mezcla para el vaciado del piso, para al final completar el colocado de las tres placas faltantes y cerrar la cisterna.

Vaciado del piso, asegurado, revoque externo e interno

Concluido el levantado de las tres filas de la pared, se procedió a vaciar el piso con mezcla hormigón ciclópeo (1:2:2), para luego cerrar la pared de la cisterna. Al día siguiente se programó el asegurado con alambre galvanizado número 12, para su posterior revoque, aplicando tres capas de mezcla mortero (1:2), la primera capa de agarre, la segunda la gruesa y la tercera capa fina.

Técnica de reforzado externo. Con ayuda del alambre galvanizado número 12, se procede a enrollar la cisterna desde la base hasta la parte superior de la cisterna, dejando una distancia de 2 cm entre cada vuelta en la primera placa, una distancia de 3 cm en cada vuelta en la segunda placa y una distancia de 5 cm entre cada vuelta de la tercera fila. En la parte superior de la tercera placa a la altura donde descansará la vigueta se debe girar tres vueltas como mínimo en el mismo lugar, que servirá como refuerzo de la base de la vigueta.

Técnica de revoque externo e interno. Concluido el asegurado con alambre galvanizado, se procede a realizar el revoque externo con mezcla mortero (1:2), aplicando tres capas (agarre, gruesa y afinado), con un grosor de 2 cm. Para realizar el revoque interno se prepara mezcla mortero (1:2), con la adición de SIKA en la relación 1:10 que servirá como impermeabilizante, se aplicarán tres capas (agarre, gruesa y fina) con un espesor de 2 cm. Concluida la pared, se procede a revocar el piso con una altura de 2 cm como mínimo, importante recordar que se debe realizar el revoque de la pared interna y el piso el mismo día y mantener con agua a unos 10 cm, para un buen fraguado.

Concluido el revoque externo al día siguiente se realizó el revoque interno, para lo cual se preparó mezcla mortero (1:2), con la adición de un impermeabilizante (SIKA) al agua en relación (1:10), con el objetivo de impermeabilizar la pared, el piso y evitar fuga de agua.

Techado e instalación del sistema de captación, rebalse, bomba manual y pintado

Después de una semana del revoque interno, se realizó el techado en predios de la Normal de Charagua. Se encargó la elaboración de la rueda de encofrado y el puntal central. El techado se inició con el colocado y asegurado del puntal central con ayuda de un callapo que se cruzó y apoyo en ambos lados de la pared, luego se niveló la rueda y posteriormente se colocaron las viguetas en su posición de forma cruzada. Concluido el colocado de las viguetas se procedió a subir y acomodar las placas de techo y revocar con mezcla mortero (1:2) y su posterior afinado (Imagen9).

Técnica de techado. Pasado una semana del revoque externo se procede con el techado, para lo cual sobre un puntal de 3 m se asegura una rueda de encofrado de 1 m de diámetro la cual es asegurada en el centro del piso de la cisterna sobre un puntal que cruza de extremo a extremo de la cisterna. Se busca el nivel, posteriormente se colocan las viguetas de forma cruzada asegurando los ganchos de las viguetas en la parrilla de fierro. Finalizada esta labor se vacía con mezcla de hormigón ciclópeo (una carretilla de mezcla), asegurándose que la mezcla cubra toda la rueda de encofrado.

Posteriormente se colocan las placas de techo y se procede con el revoque con mezcla mortero (1:2) para luego realizar el afinado.

Imagen 8. Techado de la cisterna en Charagua



©FAO/Santos Poma

Imagen 9. Techado de la cisterna en Charagua



©FAO/Santos Poma

Imagen 10. Techado de la cisterna en Charagua



©FAO/Santos Poma

A la semana se procedió a retirar el puntal y la rueda de encofrado, para realizar la instalación del sistema de captación que va desde la canaleta del techo a la cisterna con tubo de desagüe de 3 pulgadas (76,2 mm) de diámetro, también se realizó la instalación del rebalse con tubo de 2 pulgadas (50,8 mm), y la instalación de la bomba manual. Se realizó un pintado interno con pintura celeste para piscina mediante dos pasadas, con el objetivo de sellar las fisuras que podrían existir y también se procedió al pintado externo con pintura blanca látex exterior con el objetivo de reflejar los rayos solares y así evitar que el agua del interior se caliente (Imagen 6).

Técnica de retirado del puntal central y rueda de encofrado. Pasado una semana del techado se procede con el retirado de la rueda de encofrado y puntal central con los cuidados respectivos (se debe retirar con mucho cuidado y no forzando), para luego proceder con la limpieza.

Técnica de instalación del sistema de captación, rebalse y bomba manual. Antes de realizar el pintado se recomienda realizar la instalación del sistema de captación, que con ayuda del tubo de 3 pulgadas (76,2 mm) se direccionará el agua de la canaleta hacia la cisterna. Para la instalación del rebalse se utiliza tubo de desagüe de 2 pulgadas (50,4 mm) que estará ubicado al lado contrario a la compuerta. La instalación de la bomba manual será al lado derecho de la compuerta (por practicidad).

Pintado interno y externo. Concluida la instalación se procede con el pintado externo para lo cual se utiliza pintura látex para exterior color blanco (para que refleje los rayos de sol). Para el pintado del interior se utiliza pintura para piscina color celeste (antibacteriana), realizando dos pasadas para sellar cualquier fisura existente.

Imagen 11. Se realizaron las instalaciones y el pintado de la cisterna



Imagen 12. Se realizaron las instalaciones y el pintado de la cisterna



Recomendaciones. El interior de la cisterna se debe mantener con agua para una vida útil prolongada, se debe realizar una limpieza general antes de la cosecha de agua cada año, no permitir el establecimiento de plantas en cercanías de la cisterna.

Detalle de costos

A continuación, se puede observar el detalle del presupuesto para la construcción de la cisterna de 52 m³. En este caso los costos corresponden a la Escuela Normal de Charagua. En cuanto a la mano de obra, consistió en personas de la comunidad y la escuela, por lo que no se incluyeron en el costo total.

Cuadro 3. Presupuesto general para la construcción de cisterna 52 m³ en la escuela Normal de Charagua

N.º	Descripción del ítem	Unidad	Cantidad	Unitario	Parcial (BOB)
1	Replanteo y trazado	m2	40,72	2,68	109,13
2	Excavación 8(0-1 m.) S. duro	m3	40,72	57,75	2 351,58
3	Soldadura de piedra	m2	35,00	33,66	1 178,10
4	Losa llena de HºAº E=10 cm	m3	3,22	710,24	2 286,97
5	Placas de pared de mortero E=5 cm (1:3)	m3	2,07	540,10	1 118,01
6	Placas de techo de mortero E=5 cm (1:3)	m3	0,87	537,46	467,59
7	Vigueta prefabricada	m3	0,63	1 060,60	668,18
8	Muro de placas de pared E=5 cm	m2	36,21	22,25	805,67
9	Refuerzo de alambre a placas	m2	36,21	30,33	1 098,25
10	Revoq. Ext. Mort. S/Muro Placas (1:3)	m2	36,21	15,24	551,84
11	Revoq. Mort. S/Muro Placas (1:2) + HIDR	m2	65,54	20,97	1 374,37
12	Colocado de viguetas prefabricada	pza	37,00	17,71	655,27
13	Colocado de placas de tapa E=3 cm	Juego	37,00	8,32	307,84
14	Revoque de alero	m2	1,95	37,19	72,52
15	Colocado de compuerta de ingreso	pza	1,00	217,22	217,22
16	Revoq. Ext. Mort. S/Tapa de placas (1:3)	m2	35,67	26,15	932,77
17	Colocado de tubo de rebalse	glb	1,00	180,54	180,54
18	Colocado de bomba manual	glb	1,00	234,44	234,44
19	Pintura interior impermeabilizante	m2	65,00	11,63	755,95
20	Pintura latex exterior	m2	60,00	5,36	321,60
21	Sistema de captación	m2	300,00	9,60	2 880,00

Total presupuesto: (BOB)

Son: Dieciocho mil quinientos sesenta y siete con ochenta y cuatro centésimas de bolivianos

18 567,84

Fuente: elaboración propia

Implementación de huertos con apoyo del agua de la cisterna

La implementación de huertos escolares se vio dificultada por problemas organizativos al interior de la comunidad, (cambio de autoridades comunales) que afectaron el trabajo comunal o mbotiró que es una tradición del pueblo guaraní, para encarar actividades comunales.

Se inició con talleres participativos con la comunidad escolar donde se discutió la importancia del consumo de alimentos saludables (hortalizas), y la posterior implementación de un huerto escolar, dirigida a estudiantes, profesores y padres de familia. Posteriormente, fueron implementadas unidades con hortalizas de hoja (lechuga, apio, acelga, repollo y perejil) y fruto (tomate y vainita) y raíz (zanahoria y beterraga). En unidades de mayor tamaño se puede combinar el cultivo de alimentos con algodón y otros cultivos de generación de ingresos, práctica común en la zona de Charagua en el Estado Plurinacional de Bolivia.

El objetivo de la implementación de los huertos fue fortalecer su seguridad alimentaria y nutricional y facilitar la replicación de estos conocimientos en los hogares de cada participante.

Por la ausencia de precipitaciones (lluvias), antes y en el momento de la siembra, no se logró regar las parcelas con el agua de la cisterna.

Abonos orgánicos

Elaboración de compost

Con el objetivo de fomentar la producción orgánica, se elaboró compostaje, que es un abono orgánico elaborado a base de restos de cocina (cáscaras), restos de podas (malezas), estiércol de vaca, agua y un acelerador de descomposición (suero de queso), bajo una fermentación aeróbica (con presencia de oxígeno). Todos estos materiales fueron mezclados según las relaciones técnicas y el espacio adecuado (se formaron capas de 10 cm, con un alto de 1,20 m), removiéndose cada dos semanas. Este proceso de descomposición duró dos meses, posteriormente se cosechó un compost de buena calidad que fue utilizado para la implementación de los huertos.

Elaboración de biol

También con el objetivo de fomentar la producción orgánica, se procedió a elaborar el abono foliar orgánico denominado biol, que está elaborado a base de insumos locales (estiércol de vaca 40 kg, 2 kg de ceniza, 1 kg de cascara de huevo molido, 2 l de suero de queso, 2 l de chancaca diluida, agua lo necesario y 120 g de levadura fresca. Los materiales requeridos fueron: tanque de 200 l (biodigestor), manguera de goma (70 cm), 20 cm de alambre de amarre y una botella desechable de 2 l con agua.

Todos los insumos fueron diluidos en el tanque con agua para luego remover muy bien hasta que no queden grumos, posteriormente fue tapado y asegurado con la tapa a la cual se le adecuó una salida (orificio de salida conectado a una manguera) con el objetivo de que puedan salir los gases de la fermentación anaeróbica (ausencia de aire). Para evitar que ingrese el oxígeno el extremo libre de la manguera fue conectada dentro la botella con agua. Después de dos meses se cosechó un abono foliar de buena calidad (sin olor a estiércol y de color marrón), el cual fue usado para ayudar al crecimiento y desarrollo de las hortalizas.

Conclusiones de la experiencia

- En coordinación con autoridades de los centros educativos se realizó la socialización del sistema de cosecha de agua con la presencia de un total de 213 personas (123 mujeres y 90 varones), entre estudiantes, profesores, padres de familia, autoridades comunales y autoridades de los centros educativos.
- En la construcción de las cisternas, se logró la participación de todos miembros de la comunidad, de albañiles de la comunidad y jóvenes.
- Un proceso de selección de las autoridades comunales de las tres comunidades, afectaron el normal trabajo de implementación de las cisternas, así como la contraparte comunal para la construcción de la canaleta colectora de agua desde el techo hasta la cisterna.
- Los factores climáticos adversos (precipitaciones), incidieron negativamente en el avance en la construcción de las cisternas.
- Se implementaron los huertos escolares en la unidad educativa normal de formación docente de Charagua, donde se implementó una parcela de 2 000 m² donde se sembraron cultivos como cebolla, camote, tomate, lechuga, rábanos, yuca.
- En las comunidades de Taputá y Masavi, se construyeron los huertos escolares (encerrado y almacigueras), faltando la siembra y la conexión entre la cisterna y el techo colector del agua de lluvia.

Recomendaciones finales

En adición a la implementación de este tipo de innovación, es necesario desarrollar un proceso educativo para que la población comprenda el ciclo hidrológico característico de su zona y establecer estrategias y tecnologías que posibiliten la mejoría de la disponibilidad de agua de forma sistemática y constante para el desarrollo de actividades en la comunidad beneficiada por estos sistemas de cosecha de agua.

Por otro lado, se deben implementar acciones que promuevan una mayor eficiencia en el manejo del agua en las comunidades, como lo son la instalación de microcuenca en árboles frutales, protección del suelo con materia orgánica para reducir perdidas por evaporación y aprovechar de mejor forma las aguas lluvias.

El uso de cisternas demostró ser una tecnología adecuada para la realidad de las comunidades en el municipio de Charagua, logró cumplir el objetivo de reunir a los integrantes de cada familia, estudiantes, técnicos y profesores. Corresponde además a una innovación que promueve la organización social para la gestión y toma de decisiones, al mismo tiempo de facilitar la implementación de sistemas diversificados de producción con algodón y alimentos, como fue implementado en las escuelas, pudiendo ser replicada su metodología de implementación en campos de agricultores y agricultoras de Charagua y la región de América Latina y el Caribe.

Este tipo de tecnologías permite la innovación social y el fomento de otras actividades como los son la educación, descanso, vida comunitaria o actividades productivas, al aprovechar el tiempo ahorrado con la instalación de las cisternas y la mayor disponibilidad de agua para el establecimiento de huertas, cultivos en sistemas de producción diversificado de algodón y alimentos, y crianza de animales, asegurando la generación de ingresos, su seguridad hídrica, alimentaria y nutricional de sus familias, con todo lo que eso significa en términos de vida y dignidad a la persona.

Para el desarrollo y gestión sostenible de las cisternas comunitarias, al igual que su replicación es importante incorporar a las autoridades locales y a los líderes comunitarios para su continuidad en el tiempo. Por otro lado, es importante motivar a los beneficiarios para consolidar el trabajo en las cisternas y continuar con las actividades de capacitación técnica en producción de huertos escolares y en las comunidades aledañas al establecimiento de las cisternas.

Finalmente, se recomienda articular la construcción de esta infraestructura con otras iniciativas de conservación de fuentes naturales de aguas de las comunidades asentadas en Pie de monte y otras localidades de Charagua, haciendo uso de la experiencia obtenida de esta iniciativa.

Bibliografía

- FAO.** 2013. *Tecnologías para el uso Sostenible del Agua - Una contribución a la seguridad alimentaria y la adaptación al cambio climático.* Global Water Partnership. Tegucigalpa.
- FAO.** 2016. *Caja de Herramientas para Sistemas Agroalimentarios Sostenibles - Cisterna de Placas Prefabricadas.* La Paz.
- FAO.** 2018. *One million cisterns for the Sahel initiative.* Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome.
- FIDA.** 2020. *Manual de Buenas Prácticas de la Agricultura Familiar en la Región Semiárida de Brasil - Tecnologías Sociales de Captación, Manejo, Gestión y Uso del Agua.* FIDA. Roma.
- Gobierno Municipal de Charagua.** 2003. *Diagnóstico Socioeconómico - Plan de Desarrollo Municipal.* Gobierno Municipal de Charagua. Charagua.
- Hartmann-Luzio, F.** 2003. *Estado Actual de la Información: Acceso al Agua Potable y al Saneamiento Básico para los Pueblos Indígenas y Originarios Identificados en Bolivia.* OPS - OMS. La Paz.
- Lasas, C.** 2019. *Intercambio Técnico de Experiencias y Tecnologías de Manejo, Gestión y usos del Agua en el semiárido brasileño.* FAO, ABC, Embrapa y FIDA. Salvador.
- Mamani, J.** 2015. *Cartilla de introducción - Construcción de cisterna de placas prefabricadas para almacenamiento de agua de lluvia de Volumen: 16 m³.* La Paz.
- MMAyA.** 2017. *Plan Sectorial de Desarrollo Integral del Ministerio de Medio Ambiente y Agua.* Ministerio de Medio Ambiente y Agua. La Paz.
- Pumisacho, M. y Sherwood, S.** 2005. *Guía metodológica sobre ECAs - Escuela de Campo de Agricultores.*

Anexo



