

Hacia el cumplimiento del **Derecho Humano al Agua**

Arsénico y fluoruro en agua: riesgos y perspectivas desde la **sociedad civil y la academia en México.**



Arsénico y fluoruro en agua: riesgos y perspectivas desde la sociedad civil y la academia en México - - 1ª Ed. - - Ciudad de México, UNAM-Instituto de Geofísica, 2021: Hacia el cumplimiento del derecho humano al agua
200, pp.: il., maps., fots. formato electrónico.

ISBN colección 978-607-30-4772-2

ISBN volumen 978-607-30-4773-9

Edición: Andrea Rostan Robledo
Diseño: Natalia Rentería Nieto
Formato electrónico: Vanesa Lizet Gómez Vivas

Primera edición: 2021 DR. ©

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
Av. Universidad No. 3000, Col. UNAM, C.U., Alcaldía Coyoacán, C.P. 04510, Ciudad de México.

INSTITUTO DE GEOFÍSICA
Circuito de la Investigación Científica, Ciudad Universitaria, Alcaldía Coyoacán,
Código Postal 04510, Ciudad de México.

ISBN colección 978-607-30-4772-2

ISBN volumen 978-607-30-4773-9

Esta edición y sus características son propiedad de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Prohibida la reproducción parcial o total por cualquier medio, sin autorización escrita del titular de los derechos patrimoniales.

Impreso y hecho en México.

CAPÍTULO 7. OPORTUNIDADES

AGUA DE LLUVIA

Dylan Terrell, Casilda Barajas Rocha, Arturo González Herrera, Nabani Vera, Yoselin Becerril Fuentes, Tirian Mink y Paloma Mejía Lechuga

La experiencia de Caminos de Agua

Los sistemas de captación de agua de lluvia, como cualquier tecnología, son herramientas convenientes, pero no son soluciones completas por sí mismas. El éxito depende de la participación de la comunidad y de su apropiación. Las soluciones exitosas para temas de agua se basan en la intersección de tecnologías de bajo costo validadas e impulsadas por las comunidades locales a través de un modelo de implementación. La asociación emplea varios modelos de sistemas de captación de agua de lluvia. El que ha resultado más efectivo es el que aprendimos del Centro de Desarrollo Agropecuario, A.C. (CEDESA), ubicado en Dolores Hidalgo, Guanajuato. Este sistema se compone de la construcción de una cisterna de ferrocemento de 12,000 litros de capacidad; el cual complementamos con un pretratamiento que llamamos “primer separador” y un filtro cerámico de agua para cada hogar. El sistema asegura que las familias tengan acceso al agua para el consumo humano (beber y cocinar) durante todo el año. Caminos de Agua busca apoyar a las comunidades más afectadas por la contaminación de arsénico y fluoruro, así como a las que presentan mayor escasez de agua en sus pozos.

Gracias a CEDESA se aprendió cómo construir una cisterna de ferrocemento¹ y junto con ellos se desarrolló un método de implementación impulsado por la comunidad local¹. La comunidad participa activamente de manera voluntaria en cada proyecto. Se organizan mediante comités y toman las decisiones basadas en las necesidades colectivas y según su capacidad de participación respecto a los beneficiarios, la ubicación, la organización y el desarrollo del proyecto. Es digno de destacar y reconocer la participación y entrega de las mujeres en estos procesos, quienes se comprometen a llevarlos a término y cuya participación es fundamental. Producto de la colaboración articulada desde CEDESA, entre muchas organizaciones, hoy en día Caminos de Agua trabaja en conjunto con las organizaciones de base: Servicios Comunitarios de Pozo Ademado (SECOPA), El Centro Comunitario de San Cayetano y Comunidades Unidas por la Vida y el Agua - Pastoral Social (CUVA-PAS).

La perspectiva de Caminos de Agua

El agua hervida y los filtros de agua domésticos típicos no eliminan los contaminantes disueltos como el arsénico y el fluoruro. Desde nuestra perspectiva, las únicas opciones comerciales viables y fácilmente disponibles son los sistemas de filtro de ósmosis inversa o la compra de agua embotellada de una fuente confiable. Sin embargo, ambas opciones son inaccesibles para la mayoría de la gente que consume agua contaminada por estos elementos.

Por otro lado, el agua de lluvia representa una fuente de agua que está disponible de manera gratuita en casi todo el mundo, inherentemente libre de contaminantes como arsénico y fluoruro y cuya utilización contribuye a evitar la disminución de los niveles freáticos de los acuíferos, los cuales están siendo rápidamente agotados en México y el mundo. Una de las mejores alternativas para mitigar este *estrés hídrico*

es la captación de agua de lluvia, la cual sólo requiere el bajo costo que implica conducirla y almacenarla y resulta más que suficiente para satisfacer las necesidades de consumo, incluso en comunidades con clima semiárido. En combinación con un filtro básico para eliminar los microorganismos patógenos, el agua de lluvia se convierte en una fuente de agua segura y saludable, de calidad similar a la tratada con ósmosis inversa o al agua embotellada, pero a una centésima parte del costo².

Cosechar, almacenar y tratar el agua de lluvia permite mejorar la salud de la comunidad, a través del consumo de agua de mejor calidad; reduce el *estrés hídrico* y brinda el control a las personas sobre sus recursos hídricos, aliviando la creciente inseguridad que presentan los habitantes de comunidades donde la contaminación del agua aumenta. Captar y consumir agua de lluvia, apoya la vida desde un punto de vista ecológico, sostenible y saludable que tendrá impacto en muchas generaciones.

La experiencia y perspectiva del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA)

El agua de lluvia, como parte del ciclo hidrológico, ha sido evaporada y limpiada de sustancias suspendidas y disueltas que antes contenía. Aunque en su viaje a través de la atmósfera y precipitación hacia la tierra puede arrastrar y disolver diferentes sustancias y partículas (dependiendo si la región es urbana o rural), en general tiene excelente calidad para uso y consumo humano a bajo costo. El agua de lluvia se puede aprovechar a escala colectiva y doméstica. En los últimos años, IMTA ha participado con éxito en diversas regiones del país en la adaptación, transferencia y adopción de tecnologías apropiadas de abastecimiento de agua y desinfección para consumo humano^{3,4}. Una de las tecnologías es la cisterna tipo capuchino con sistema de captación pluvial a escala doméstica (Imagen 7.1). Como opciones de desinfección a escala doméstica para agua de lluvia captada en techos se encuentran la desinfección solar y con radiación ultravioleta mediante equipos de fabricación local.

En algunas regiones de México, cuyas fuentes principales de abastecimiento contienen arsénico, fluoruro u otros contaminantes, aún en aquellas de baja precipitación, el agua de lluvia –por su calidad- puede considerarse un recurso valioso utilizable para consumo humano porque reduce los riesgos a la salud por la ingestión de esos contaminantes. Si bien es cierto que el agua de lluvia, en su recorrido por las superficies de techos donde se capta, escurre o se almacena, se puede contaminar con partículas suspendidas y microorganismos, el tratamiento de purificación usando filtros de arena, desinfección solar o radiación ultravioleta con equipos de fabricación local^{4,5}, resulta sencillo, efectivo y barato.

La difusión, transferencia, adaptación y seguimiento de las tecnologías de captación y purificación de agua de lluvia enfrentan retos técnicos, económicos y sociales^{4,5}, incluyendo los programas y estrategias de acción institucionales, como la falta de recursos financieros, normatividad técnica y/o certificación, capacitación, promoción de la participación y organización social.



Imagen 7.1. Captación pluvial y cisternas escala doméstica en Morelos

La experiencia y perspectiva de Isla Urbana

Isla Urbana trabaja desde el año 2009 en el diseño e instalación de sistemas de captación de lluvia como una fuente de abasto de agua sostenible⁶. El proyecto comenzó en la “Zona cerriles” al sur de la CDMX, donde se encuentra la mayor cantidad de viviendas sin conexión a la red de distribución de agua potable en la urbe. El trabajo inició como un emprendimiento social, el cual buscaba dar solución a una de las problemáticas más apremiantes para las familias de la zona. Aunque el impacto ha aumentado considerablemente con los años, en un principio se trabajó a una muy baja escala de viviendas, lo que permitió dar seguimiento cercano al desarrollo del sistema y de su adopción por parte de los usuarios.

El sistema busca aprovechar la infraestructura existente en los hogares, los cuales son en su amplia mayoría de familias con escasos recursos. Con esto se pretende disminuir los costos de instalación y el aprovechamiento de los materiales con que ya se cuenta. Además, permite que el sistema se adecue al entorno con el que la familia usualmente interactúa.

El sistema de captación de lluvia diseñado por Isla Urbana consta de 6 pasos básicos de limpieza de la lluvia, con los que se puede alcanzar una calidad óptima de agua. Hasta agosto de 2018, se han instalado más de 8,200 sistemas con estas características en todo el país, la gran mayoría en contextos urbanos y el resto en contextos rurales, impactando a más de 53,000 personas. El sistema funciona una vez que comienza a llover y el agua cae en el techo de la vivienda. El techo sirve como superficie de recepción de la lluvia. El agua se canaliza a un solo punto para bajarla al primer filtro fabricado con hojas donde se separarán los residuos sólidos que se pudieran alojar en el techo⁶. Posteriormente, se encuentra el Tlaloque, el cual funciona como un separador regulable de las primeras lluvias de la temporada que separa el primer volumen del aguacero, permitiendo que únicamente pase el agua limpia a la cisterna o tanque de almacenamiento. Dentro del espacio de almacenamiento se instala un reductor de turbulencias y una pichancha flotante a fin de convertir el contenedor en un sedimentador de mayor capacidad del que se extrae el agua de la superficie, que se encuentra libre de los sólidos sedimentables. Adentro de la cisterna se coloca un sistema de dosificación de cloro para asegurar la eliminación de microorganismos y materia orgánica que pudieran llegar a ingresar al tanque. El agua es extraída con una bomba centrífuga, lo que le permite tener la presión suficiente que se requiere para pasar por un tren de filtrado constituido por un filtro contra sedimentos de 50 micras y otro filtro de carbón activado.

Con un sistema como el antes descrito, la lluvia en la Ciudad de México y en el interior de la República se puede aprovechar para el uso humano; es decir, para todos los usos del hogar, excepto beber, el cual puede alcanzarse con un último paso de filtración. Es de este diseño que emanan algunas variaciones del sistema las cuales se adecúan al contexto y circunstancias específicas de la zona.

Respecto a la disponibilidad de agua, en la CDMX donde la precipitación pluvial promedio anual es de 700 mm anuales, se sugiere un almacenamiento mínimo de 2,500 litros para techos de 80 metros cuadrados en promedio. En poblaciones donde la lluvia es más escasa (por ejemplo, en San Luis Potosí la precipitación promedio es alrededor de 400 mm al año) por cada metro cuadrado se podrían captar cerca de 350 litros; es decir, con un techo promedio de 80m², una vivienda puede tener acceso a 28,000 litros al año, aproximadamente. Con esta cantidad no se alcanzaría a cubrir el total de las necesidades de agua de una familia promedio; sin embargo, se puede dirigir sólo al consumo humano (beber y cocinar).

Al aprovechar y purificar la lluvia para su consumo se brinda a las familias una alternativa para el abasto de agua libre de la contaminación y benéfica a su salud, a comparación de la originada desde un subsuelo contaminado. Adicionalmente, las familias tienen capacidad y dominio sobre el agua que ingieren, generando así ciudadanos resilientes ante posibles contingencias y situaciones de riesgo.

Se han implementado sistemas de captación de lluvia en comunidades con fuentes de abasto contaminadas en diversas zonas del país. Por ejemplo, en la Sierra de Jalisco donde en el marco del proyecto *Ha Ta Tukari* (Agua Nuestra Vida) se han instalado más de 175 sistemas de captación de lluvia. Se ha tenido gran impacto en la vida de los beneficiarios, principalmente de mujeres e infantes⁷.

La experiencia de Neta Cero

Neta Cero es un emprendimiento social y promotor de soluciones sostenibles en agua, saneamiento y energía que se dedica a la provisión de servicios básicos, mejorando la calidad de vida y aumentando la resiliencia climática en varias poblaciones en la República Mexicana. Se diseñan e implementan soluciones innovadoras de acceso y distribución de agua mediante captación pluvial a gran escala. Se han instalado más de 2300 sistemas en hogares, escuelas e instituciones, capturando aproximadamente 150 millones de litros de agua hasta la fecha.

La tecnología Neta Cero extiende el potencial de captación de lluvia de una casa a comunidades enteras utilizando techos de espacios públicos estratégicos (mercados, escuelas, canchas deportivas, auditorios municipales) y combinándolos con tanques de almacenamiento muy grandes. Adicionalmente, mediante el bombeo producido con energía solar, se inyecta el agua en redes de distribución para reducir costos e incrementar el nivel de resiliencia hídrica a los sistemas e infraestructura existentes.

En México, la cobertura nacional de agua potable es 91.6 %. Se estima que en zonas urbanas la cobertura es 95% y en zonas rurales de 78%; esto se traduce en que casi 9 millones de personas en México no cuentan con servicio de agua en sus hogares. Muchos millones más cuentan con un servicio intermitente, inadecuado y/o con una calidad no aceptable.

La última milla hace referencia al último tramo en una red de distribución de un servicio básico; por ejemplo, las conexiones a los usuarios, como es el caso de una red de agua potable. En los lugares más dispersos y alejados, el costo-beneficio es extremadamente alto debido a que la red transporta una cantidad de agua relativamente pequeña por distancias largas hacia una gran cantidad de puntos finales distribuidos de forma muy dispersa entre sí. Para resolver este desafío se deben desarrollar soluciones tecnológicas sostenibles que sean apropiadas. Una de estas soluciones

es la captación de agua de lluvia, ya que la relación costo-beneficio es accesible debido a que los “techos-manantiales” siempre se encuentran cerca de los usuarios. El enfoque de Neta Cero para dar acceso a servicios básicos -transitando la última milla- consiste en el diseño, construcción, operación y transferencia de grandes sistemas de captación de agua de lluvia con potabilización e interconexión a redes de agua potable existentes o nuevas, que producen millones de litros de agua al año, beneficiando a miles de personas con un costo accesible (<\$MXN 6 - 19 /m³). Esta innovación se puede implantar como una fuente autónoma de agua segura para poblaciones que anteriormente no tenían; o bien, como fuente complementaria de agua segura para las comunidades que tienen redes de distribución de agua existentes con un suministro y/o calidad inadecuada.



Imagen 7.2. Sistema de Captación Pluvial Neta Cero Agua y Energía con Kiosco Escolar y Planta de Purificación

Agua de Lluvia como Fuente de Agua Segura en Zonas Contaminados con Metales Pesados

En las zonas de baja precipitación y/o áridas en México, sobre todo el norte del país, se presenta contaminación subterránea y superficial del agua, particularmente por exposición a sustancias nocivas como arsénico y fluoruro. Como se ha descrito en capítulos anteriores del presente libro, esto ha detonado problemas graves de salud en las poblaciones expuestas y se requieren soluciones de acceso y distribución de agua segura que consideren el contexto desértico y semidesértico.

Si bien es común en estas regiones áridas tener una buena cobertura del servicio de agua, la calidad no es apropiada para el consumo humano. Sin embargo, las fuentes disponibles pueden ser adecuadas para los demás usos domésticos que incluyen labores de limpieza, baños, lavado de manos y lavado de ropa.

En estrecha colaboración con CONAGUA, Neta Cero ha desarrollado y diseñado una propuesta adecuada para construir sistemas de captación de agua de lluvia en regiones que enfrentan esta problemática. Estos sistemas capturan y purifican agua de lluvia. Se dimensionaron específicamente para satisfacer el 100% de la demanda de agua potable (<1.5 L/ d) de una población determinada dejando que el agua contaminada de la red se use con seguridad para las demás necesidades del usuario (Imagen 7.2).^{8, 9, 10, 11 y 12}

La experiencia y perspectiva de Cántaro Azul

A pesar de que existe un conocimiento popular que asegura que “el agua se está acabando”, sabemos que la cantidad de agua de hoy día es igual a la que existía hace millones de años. La mala calidad del agua por contaminación química y biológica; la inequitativa distribución y su alta demanda derivada del aumento poblacional han disminuido la disponibilidad e incrementado problemas de escasez de agua potable.

Una de las alternativas a los problemas de contaminación y escasez de agua es la captación de agua de lluvia, estrategia que aunque se ha practicado desde la antigüedad, aún no se ha desarrollado ni extendido como una práctica común en nuestra sociedad actual. Aunque en México existen regiones con diversos índices de precipitación, la captación de agua de lluvia puede funcionar en cualquier lugar, siempre y cuando se identifique claramente el alcance que tendrá y las necesidades que se buscan cubrir. Además, gracias a la adaptación de diversas tecnologías, el agua captada puede someterse a procesos de limpieza y desinfección para volverla apta para el consumo humano.

Desde la Fundación Cántaro Azul, A.C., en conjunto con otras organizaciones aliadas como Isla Urbana y Neta Cero, bajo el financiamiento de la Fundación Gonzalo Río Arronte y la aportación de Capital Sustentable, se desarrolló la herramienta disponible para todo público: “Calculadora para el aprovechamiento de agua de lluvia”¹³ La calculadora soporta los análisis técnicos y cálculos básicos para la captación de agua de lluvia en cualquier región del país. Los cálculos permiten conocer cuánta agua se puede captar y utilizar de acuerdo a la demanda de consumo de agua, la cual varía de acuerdo al contexto donde se busque implementar (escuela, vivienda u oficina). La herramienta incluye cálculos de precipitación de acuerdo con los escenarios de cambio climático obtenidos del Centro de Ciencias de la Atmósfera de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Los sistemas de captación de agua de lluvia que la Fundación Cántaro Azul ha instalado en escuelas de las regiones rurales de Chiapas y Oaxaca (Imagen 7.3), algunas sin acceso a la red



Imagen 7.3. Kiosko escolar instalado en la Escuela Primaria Josefa Ortiz de Domínguez en San Cristóbal de Las Casas, Chiapas

de agua entubada, proveen de agua segura para consumo a más de 15,000 niños y niñas. Están integrados de elementos pedagógicos y lúdicos dirigidos a la población infantil a fin de establecer una relación más cercana con el agua; así como, sensibilizar sobre su uso y ocuparse en la desinfección y consumo del agua captada. Gracias a la implementación de este Programa, se contribuye a mejorar la salud infantil; disminuir la desnutrición; mejorar el desempeño escolar; y evitar el alto consumo de bebidas azucaradas. Se ataca la incidencia de enfermedades gastrointestinales, desnutrición, obesidad y diabetes.

El sistema de captación de agua de lluvia también contribuye a reestructurar la relación sociedad y naturaleza, ya que conjuga la innovación tecnológica con el conocimiento natural del ciclo del agua, la importancia del consumo para la salud y la valoración sobre el cuidado del agua.

Referencias

- ¹ Caminos de Agua. (2018). Guía de construcción: Guía para la construcción de una cisterna de ferrocemento de 12,000 litros para captación de agua de lluvia. FGRA, El maíz más pequeño, Caminos de agua y SubCuenca Támbula Picachos. Disponible en <https://caminosdeagua.org/es/captacion-de-agua-de-lluvia>
- ² Barajas Rocha C, Diek E, Kronenburg C, Krupp A, Mitchell S, Quintanilla Martinez P, Terrell D, del Villar D. (2017). Cosechando un futuro saludable, Manual para la captación, almacenamiento y tratamiento de agua de lluvia -con sistema de bajo costo- para cosechar y tomar agua segura, sana y sustentable. Semarnat, FGRA, El maíz más pequeño, Caminos de agua, Maestría en Ciencias Integrada de Cuencas y SubCuenca Támbula Picachos. 2da edición. Disponible en <https://caminosdeagua.org/es/captacion-de-agua-de-lluvia>
- ³ Cervantes-Gutiérrez EO, Segura El, Vázquez-Villanueva S, Falcón-Rojas A. Tecnologías apropiadas para el acceso sustentable al agua en el medio rural marginado. México: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua; 2017.
- ⁴ González-Herrera A, Avilés-Flores M, Millán-Cabrera M, Fonseca-Moreno O, Ramírez-Angulo V. (2008). Estudio de Evaluación y Promoción del “tUVo” para Desinfección Casera para Consumo Humano. México: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, 2008. Clave del proyecto TC-0669.2. Financiado por la Universidad de California en Berkeley.
- ⁵ Lartigue Baca C, Kegel Pacheco C, Lomnitz E y Niall N. (2016). Informe final de actividades: Análisis de la calidad del agua en sistemas de captación de agua de lluvia, Isla Urbana, UNAM y Pumagua. 29 de diciembre de 2016. http://islaurbana.mx/wp-content/uploads/2017/06/VF_Informe_de_actividades_Isla_Urbana_PUMAGUA.pdf
- ⁶ Moreno Fonseca, Omar. “Captación de agua de lluvia para comunidades rurales”, Documentos de Isla Urbana, http://islaurbana.mx/wp-content/uploads/2017/06/captacion_de_agua_de_lluvia.pdf
- ⁷ Salinas Hernández, Adriana Guadalupe. (2015). “Impacto ambiental, social y económico derivado de la implementación de sistemas de captación y almacenamiento de agua de lluvia en dos estudios de caso en México”, Tesis. Licenciatura en Ciencias Ambientales, UNAM.
- ⁸ Adams J, Jamie Bartram, Yves Chartier, and Jackie Sims. (2010). “Normas Sobre Agua, Saneamiento E Higiene Para Escuelas En Contextos de Escasos Recursos.”, Organización Mundial de la Salud, páginas: 64, ISBN: 978-92-4-354779-4.
- ⁹ Organización Panamericana de la Salud. (1997). Municipios Saludables. Comunicación para la Salud, 42. <http://pesquisa.bvsalud.org/bvsmis/resource/pt/mis-6091>
- ¹⁰ Ordóñez G. (2000). “Salud Ambiental: Conceptos Y Actividades.” Revista Panamericana de Salud Pública 7 (3): 137–47. doi:10.1590/S1020-49892000000300001.
- ¹¹ Programa Nacional de Siembra y Cosecha de Agua. (2017). “Rumbo a Un Aportes Y Reflexiones Desde La Práctica.” Accessed August 4. <http://www.minagri.gob.pe/portal/download/pdf/p-agraria/libro-siembra-cosecha.pdf>.
- ¹² Hernández M & Hernández-Martínez, F. (2008). Captación de agua de lluvia como alternativa para afrontar la escasez del recurso. GEM, TIES Cuencas Sanas y Modos de Vida Sustentable Series de Manuales de Capacitación. Disponible en el sitio: http://licenciatura.iconos.edu.mx/k_angi/nueva/tienda/biblioteca/Manual%20Captacion%20de%20agua%20de%20lluvia.pdf.
- ¹³ Calculadora para el aprovechamiento del agua de lluvia. Disponible en el sitio <http://lluvia.cantaroazul.org/>