

ISSN 2056-4856 (Print)
ISSN 2056-4864 (Online)

WATERLAT GOBACT *NETWORK*

WORKING PAPERS

Rainwater harvesting and management in urban and rural settings: general introduction and experiences from Argentina, Brazil, Chile, Mexico, and Paraguay



Vol. 7, No 4
in Portuguese and Spanish)

Newcastle upon Tyne, BuenosAires, and Barcelona, December2020

[Cover picture](#): Fog catchers, Las Lomitas Hill, Antofagasta, Chile, 18 November 2008.
Photography: Cristian Ruz.

Source:

[WATERLAT-GOBACIT Flickr collection](#) (Attribution-NonCommercial Creative Commons)



ISSN 2056-4856 (Print)
ISSN 2056-4864 (Online)

WATERLAT-GOBACIT NETWORK WORKING PAPERS

Vol. 7, N° 4

Thematic Area Series

Thematic Area 3, Urban Water Cycle and Essential Public Services

Rainwater harvesting and management in urban and rural
settings: general introduction and experiences from
Argentina, Brazil, Chile, Mexico, and Paraguay
(in Portuguese and Spanish)

Jose Esteban Castro, and David Saurí (Eds.)

Newcastle upon Tyne, UK, Barcelona, and Buenos Aires,
December 2020



WATERLAT-GOBACIT Research Network

5th Floor Claremont Bridge Building, NE1 7RU Newcastle upon Tyne, United Kingdom

E-mail: waterlat@ncl.ac.uk

Web page: www.waterlat.org

WATERLAT-GOBACIT NETWORK Working Papers

General Editor

Jose Esteban Castro

Emeritus Professor,
Newcastle University
Newcastle upon Tyne, United Kingdom
E-mail: esteban.castro@ncl.ac.uk

Editorial Commission: ([click here](#))



ISSN 2056-4856 (Impreso)

ISSN 2056-4864 (En línea)

Cuadernos de Trabajo de la Red WATERLAT-GOBACIT

Vol. 7, N° 4

Serie Áreas Temáticas

Área Temática 3, Ciclo Urbano del Agua y Servicios Públicos Esenciales

Recolección y gestión de agua de lluvia en medios urbanos y
rurales: introducción general y experiencias
de Argentina Brasil, Chile, México y Paraguay

(en portugués y español)

José Esteban Castro y David Saurí (Eds.)

Newcastle upon Tyne, Reino Unido, Barcelona y Buenos Aires,
diciembre de 2020



Thematic Area Series

TA3 – Urban Water Cycle and Essential Public Services

Title: Rainwater harvesting and management in urban and rural settings: general introduction and experiences from Argentina, Brazil, Chile, and Mexico (in Portuguese and Spanish)

Corresponding Editor:

David Saurí
Autonomous University of Barcelona
(UAB), Belaterra, Catalonia, Spain
E-mail: David.Sauri@uab.cat.

Corresponding authors:

For comments or queries about the individual articles, contact the relevant authors. Their email addresses are provided in each of the articles.

Serie Áreas Temáticas

AT3 – Ciclo Urbano del Agua y Servicios Públicos Esenciales

Título: Recolección y gestión de agua de lluvia en medios urbanos y rurales: introducción general y experiencias de Argentina, Brasil, Chile, y México (en español y portugués)

Editor Correspondiente:

David Saurí
Universidad Autónoma de Barcelona
(UAB)
Belaterra, Cataluña, España
E-mail: David.Sauri@uab.cat.

Autores Correspondientes:

Para enviar comentarios o consultas sobre los artículos individuales, por favor contactar a los autores relevantes. Sus direcciones electrónicas están indicadas en los artículos.

Tabla de Contenidos

	Page
Presentation of the Thematic Area and the issue	1
Presentación del Área Temática y del Número	3
Artículo 1 - "Aprovechamiento de aguas pluviales: oportunidades y retos"	
<i>David Saurí</i>	5
Artículo 2 - "Atrapanieblas como experimentos en el ciclo hidrosocial de zonas áridas en Chile"	
<i>Martín Sanzana Calvet</i>	18
Artículo 3 - "Contribuciones socio-hídricas de los sistemas de captación de agua de lluvia en Guanajuato, México"	
<i>Daniel Tagle-Zamora</i>	38
Artículo 4 - "Aproveitamento de água da chuva no Sertão Paraibano", Brasil	
<i>Roberto de Sousa Miranda y Laiany Tássila Ferreira</i>	68
Artículo 5 - "Los Pueblos Jesuíticos Guaraníes en la cuenca del Río de la Plata. Puesta en valor de las prácticas relacionadas con el agua"	90
<i>Ana María Attías Solé y Ricardo Daniel Lombardo López</i>	

Presentation of the Thematic Area and the issue

This issue is a product of the WATERLAT-GOBACIT Network's [Thematic Area \(TA\) 3, the Urban Water Cycle and Essential Public Services](#). TA3 brings together academics, students, professionals working in the public sector, workers' unions, practitioners from Non-Governmental Organizations, activists and members of civil society groups, and representatives of communities and users of public services, among others. The remit of this TA is broad, as the name suggests, but it has a strong focus on the political ecology of urban water, with emphasis on the politics of essential water services (both in urban and rural areas). Key themes addressed within this framework have been the neoliberalization of water services, social struggles against privatization and mercantilization of these services, the politics of public policy and management in the sector, water inequality and injustice, and the contradictions and conflicts surrounding the status of water and water services as a public good, as a common good, as a commodity, as a citizenship right, and more recently, as a human right.

In this issue we address the practice of rainwater harvesting in different settings, presenting experiences from Argentina, Brazil, Chile, Mexico, and Paraguay. Some of the papers were originally presented at the IX International Meeting of the WATERLAT-GOBACIT Network "[Water, Rights, and Utopias: priorities in the process of democratization of water politics](#)", João Pessoa, Paraíba, Brazil, 3-7 September 2018.

Article 1 was authored by David Sauri, from the Autonomous University of Barcelona, Spain, co-editor of this issue. The article provides an overall introduction to the topic of rainwater harvesting.

Article 2, by Martin Sanzana Calvet, Institute of Strategic Studies for Human Development (INEDH), Concepción, Bio-Bio, Chile, addresses the practice of fog catching in arid and semi arid regions of Chile.

In Article 3, Daniel Tagle-Zamora, University of Guanajuato, Leon, Guanajuato, Mexico, presents findings from research on the implementation of public policies oriented at the provision of rainwater catchment technologies, mostly for domestic use, in several municipalities of the semi arid State of Guanajuato, Mexico.

Article 4 was co-authored by Roberto de Sousa Miranda, Federal University of the interior of Pernambuco and Federal University of Campina Grande, Paraíba, Brazil, and Laiany Tassila Ferreira, Federal Rural University of Pernambuco, Brazil. The article discusses the implementation of a national plan to provide rainwater cisterns in the semi arid region of North eastern Brazil, with emphasis on the experience of the State of Paraíba.

Finally, Article 5, by Ana Maria Attias Sole and Ricardo Lombardo Lopez, from the North-eastern National University, Resistencia, Chaco, Argentina, provides an overview of the historic legacy of water practices and technologies inherited from

the “syncretism” between indigenous communities (Tupi-Guarani), and the Jesuit territorial expansion that took place between the early seventeenth and the mid eighteenth centuries in a large region of South America encompassing parts of Argentina, Bolivia, Brazil, Paraguay and Uruguay. The article focuses mainly on examples from Argentina, Brazil, and Paraguay, and provides insights into the significance of historical-cultural research in the production of knowledge about rainwater technologies and the associated culture and practices, which also contributes to our network’s Thematic Area 7, [Water-related Art, Communication, Culture, and Education](#).

We are delighted to present this issue of the Working Papers, which includes results from recent and ongoing research projects on rainwater technology, policies and practices in Europe and Latin America. The articles provide excellent evidence-based material and examples that will be useful for researchers, students, activists, practitioners, and decisions makers. We wish you all a pleasant and fruitful reading.

Jose Esteban Castro, and David Sauri

Editors

Newcastle upon Tyne, Barcelona, and Buenos Aires, December 2020

Presentación del Área Temática y del número

Este número es un producto del [Área Temática \(AT\) 3, Ciclo Urbano del Agua y Servicios Públicos Esenciales](#), de la Red WATERLAT-GOBACIT. El AT3 reúne académicos, estudiantes, profesionales que trabajan en el sector público, sindicalistas, especialistas de Organizaciones no Gubernamentales, activistas y miembros de grupos de la sociedad civil, y representantes de comunidades y de usuarios de los servicios públicos, entre otros. El alcance temático de esta AT es amplio, como lo sugiere el nombre, pero su foco central es la ecología política del agua urbana, con énfasis en la política de los servicios públicos esenciales (en áreas urbanas y rurales). Algunos de los aspectos clave que abordamos en este marco han tenido que ver con temas como la neoliberalización de los servicios relacionados con el agua, las luchas sociales contra la privatización y la mercantilización de estos servicios, las políticas públicas y la gestión en el sector, la desigualdad y la injusticia en relación con el agua, y las contradicciones y conflictos que rodean al agua y a los servicios relacionados con el agua considerados como bien público, como bien común, como mercancía, como un derecho de ciudadanía y, más recientemente, como un derecho humano.

En este número abordamos la práctica de recolección de agua de lluvia en diferentes contextos y presentamos experiencias de Argentina, Brazil, Chile, México, y Paraguay. Algunos de los trabajos fueron presentados originalmente en la IX Reunión Internacional de la Red WATERLAT-GOBACIT "[Agua, Derechos y Utopías: Prioridades en el Proceso de Democratización de la Política del Agua, João Pessoa, Paraíba, Brasil, 3-7 September 2018](#)."

El Artículo 1, a cargo de David Saurí, Universidad Autónoma de Barcelona, España, co-editor del número, provee una introducción al tema de la recolección de agua de lluvia.

En el Artículo 2, Martín Sanzana Calvet, Instituto de Estudios Estratégicos para el Desarrollo Humano (INEDH), Concepción, Bío-Bío, Chile, trata el tema del uso de sistemas "atrapanieblas" en zonas áridas y semiáridas de Chile.

En el Artículo 3, Daniel Tagle-Zamora, Universidad de Guanajuato, León, Guanajuato, México, presenta resultados de investigación sobre la implementación de políticas

públicas orientadas a la provisión de tecnologías de recolección y uso de agua de lluvia, sobre todo para uso doméstico, en varios municipios del semiárido Estado de Guanajuato, México.

El Artículo 4, escrito conjuntamente por Roberto de Sousa Miranda, Universidad e Federal do Agreste de Pernambuco y Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, Brasil, y Laiany Tássila Ferreira, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil, discute la implementación de un plan nacional para suministrar cisternas para recolectar agua de lluvia en las regiones semiáridas del nordeste de Brasil, con énfasis en la experiencia del Estado de Paraíba.

Finalmente, el Artículo 5, a cargo de Ana María Attías Solé y Ricardo Lombardo López, de la Universidad Nacional del Nordeste, Resistencia, Chaco, Argentina, presenta una mirada general sobre el legado histórico de las prácticas y tecnologías heredadas del "sincretismo" entre las comunidades indígenas (Tupí-Guaraní), y la expansión territorial de la Orden de Jesús que tuvo lugar entre inicios del Siglo XVII y mediados del XVIII en una amplia región de Sudamérica, que incluye parte de Argentina, Bolivia, Brasil, Paraguay y Uruguay. El artículo se centra principalmente en ejemplos de Argentina, Brasil, y Paraguay, y provee indicios de la relevancia de la investigación histórico-cultural en la producción de conocimiento sobre las tecnologías de recolección de agua de lluvia y las culturas y prácticas asociadas, un tema que también contribuye al Área Temática 7 de nuestra Red, [Arte, Comunicación, Cultura y Educación relacionadas con el Agua](#).

Con gran placer presentamos este número de los Cuadernos de Trabajo, que es resultado de proyectos de investigación recientes y en marcha sobre la implementación de políticas públicas conectadas con la captación y uso de agua de lluvia en Europa y América Latina. Los artículos presentan excelente material y ejemplos, basados en evidencia empírica, que serán de utilidad para investigadores, estudiantes, activistas, especialistas y tomadores de decisiones, entre otros actores. Les deseamos una placentera y fructífera lectura.

José Esteban Castro y David Saurí

Editores

Newcastle upon Tyne y Buenos Aires, diciembre de 2020

Artículo 1

Aprovechamiento de aguas pluviales: oportunidades y retos

*David Saurí*¹, Departamento de Geografía, Universidad Autónoma de Barcelona (UAB), Bellaterra, Cataluña, España

Resumen

El presente trabajo pretende ofrecer una aproximación de carácter general al agua de lluvia como recurso hídrico. El aprovechamiento de aguas pluviales, una práctica habitual en muchas civilizaciones del pasado en todo el planeta vuelve a recuperar protagonismo tanto en los países desarrollados como en los países en vías de desarrollo. En estos últimos, y especialmente en algunas áreas rurales de Asia, África y América Latina, las aguas pluviales proporcionan un recurso más abundante y de mejor calidad que fuentes superficiales lejanas y contaminadas. En los países desarrollados, el aprovechamiento del agua de lluvia permite liberar recursos de la red pública y satisfacer ciertos usos sin tener que utilizar infraestructuras muy costosas. Sin embargo, las aguas pluviales adolecen de un problema importante como es la falta de seguridad en el suministro, especialmente en el caso de no disponer de superficies de captación y de depósitos de almacenamiento bien dimensionados para zonas de precipitaciones escasas y erráticas. En términos hidrosociales, el aprovechamiento del agua de lluvia puede empoderar a las comunidades de muchos lugares del planeta bajo una gobernanza descentralizada y de control local de los recursos hídricos.

Palabras clave: agua de lluvia; usos; países desarrollados; países en desarrollo; control local.

Recibido: mayo de 2019

Aceptado: octubre de 2019

¹ E-mail: david.sauri@uab.cat.

Abstract

This paper presents a general approach to rainwater as a water resource. The use of rainwater, a common practice in many civilizations of the past throughout the planet, is regaining prominence in both developed and developing countries. In the latter and especially in some rural areas of Asia, Africa and Latin America, rainwater may provide more abundant and better-quality water than distant and polluted surface or groundwater sources. In developed countries, the use of rainwater diminishes pressures on public networks, satisfying certain uses without having to resort to very expensive and environmentally problematic infrastructures. However, rainwater suffers from a major problem which is the uncertainty of supply, especially in the absence of well-sized catchment surfaces and storage tanks for areas of scarce and erratic rainfall. In hydrosocial terms, the use of rainwater can empower communities in many parts of the planet fostering decentralized governance and control of water resources.

Keywords: rainwater; uses; developed countries; developing countries; local control.

Received: May 2019

Accepted: October 2019

Introducción

Durante las últimas décadas, los recursos hídricos convencionales y las infraestructuras que los sostienen (especialmente embalses y trasvases) se han mostrado crecientemente incapaces de hacer frente a la demanda de agua sin generar impactos económicos, sociales y ambientales de gran importancia que cuestionan su viabilidad futura. Ello requiere el desarrollo de recursos alternativos para satisfacer la demanda de agua, especialmente en las ciudades en expansión del Sur Global pero también en muchas áreas rurales que carecen de acceso seguro y regular a fuentes de suministro (Castro, 2019). Estos recursos alternativos se pueden generar a partir de grandes infraestructuras centralizadas y bajo una gobernanza parecida a la de los sistemas hidráulicos más convencionales como sería el caso de las grandes plantas desalinizadoras o de tratamiento y regeneración de aguas residuales. Pero también pueden desarrollarse a escalas más pequeñas y bajo esquemas de gestión descentralizada y en gran parte controlada por los propios usuarios finales, incluyendo los hogares. Recursos como las aguas subterráneas locales, las denominadas aguas "grises" (que se pueden reciclar en los propios hogares para usos no potables) o las aguas pluviales serían ejemplos de esta opción de gobernanza descentralizada y participativa.

El presente artículo se ocupará de uno de estos recursos alternativos como son las aguas pluviales. La recolección de agua de lluvia constituye probablemente la práctica más antigua de captación de recursos hídricos en el mundo. Relegada muchas veces al olvido en tiempos recientes, sobre todo por el desarrollo de grandes infraestructuras hidráulicas, el agua de lluvia está adquiriendo un protagonismo renovado como consecuencia del aumento de la demanda de agua y la necesidad de promover recursos alternativos de carácter local y de gestión descentralizada ante retos de gran trascendencia como el cambio climático (Amos *et al.*, 2016). En este trabajo nos ocuparemos básicamente del agua de lluvia capturada y reutilizada directamente cerca del punto de precipitación y no del agua de lluvia que circula como escorrentía superficial y que en las ciudades suele capturarse y gestionarse mediante el sistema de alcantarillado, aunque también en este caso existen alternativas de aprovechamiento de estos flujos de escorrentía (Cousins, 2018).

En esencia, el aprovechamiento del agua de lluvia implica el diseño y construcción de un entramado de recogida de agua de tejados y otras superficies para su almacenamiento posterior en tanques o depósitos. El destino de esta agua varía en función de necesidades y usos. En las zonas rurales de países en desarrollo como por ejemplo Nepal o Bangladesh o en otras áreas como el Nordeste brasileño, el agua de lluvia se utiliza directamente como agua potable para el consumo humano. En países africanos y asiáticos, el agua de lluvia para beber o para cocinar puede suponer ahorros de tiempo muy importantes en la recolección de agua necesaria para los hogares al evitarse desplazamientos a menudo largos y costosos (Mellor *et al.* 2012; Domènech *et al.* 2012). En Bangladesh, el aprovechamiento de agua de lluvia representa una alternativa imprescindible a recursos superficiales y sobre todo subterráneos contaminados con arsénico (Islam *et al.* 2010). Los sistemas de aprovechamiento de agua de lluvia no se limitan a las zonas rurales sino que también se hallan presentes cada vez más en las zonas urbanas. Ciudades como Chittagong (Bangladesh), con más de 3.000 mm de lluvia al año, deben afrontar año tras año problemas de escasez de agua unidos a problemas de inundaciones urbanas. En este sentido, la recogida y almacenamiento

de agua de lluvia puede contribuir a mitigar ambos riesgos (Akter y Ahmed, 2015). En Ciudad de México, otra gran urbe, la escasez de agua, tanto en cantidad como en calidad, es uno de los retos más importantes que tiene planteados la ciudad para el futuro. Un proyecto piloto de suministro de agua potable a partir de agua de lluvia instalado en la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) ha dado como resultado un recurso perfectamente homologable en términos de calidad (Ímaz *et al.*, 2018). Por otra parte y también en el Distrito Federal ya existen experiencias de cubrir exclusivamente con agua de lluvia la demanda de ciertas actividades económicas como empresas de logística (López Zavala *et al.*, 2018). Diversas ciudades chinas cuentan asimismo con sistemas de recogida y almacenamiento de agua de lluvia, muchos de ellos dirigidos a evitar los impactos de la escorrentía superficial tras precipitaciones de gran intensidad (Zhang y Hu, 2014). En los países desarrollados, la función principal del agua de lluvia es satisfacer usos no potables (riego de jardines, llenado de cisternas de baño, limpieza de superficies del hogar, etc.) que, de otra manera, tendrían que ser suministrados por agua de red (Steffen *et al.*, 2012; Saurí y García, 2020).

El aprovechamiento de aguas pluviales en el mundo actual

En función de condiciones económicas, sociales y ambientales específicas, se estima que el agua de lluvia puede satisfacer entre el 12 y el 100 por ciento de las necesidades de agua de un hogar, especialmente en áreas de bajo consumo hídrico (Ghisi *et al.*, 2007; Zhang *et al.*, 2009; Abdulla y Al-Shareef, 2009; Musayev *et al.*, 2018). Actualmente, la recogida de agua de lluvia en el mundo para su uso posterior ofrece unos resultados muy dispares. En las áreas rurales africanas y asiáticas y en algunas ciudades del Sur global, el aprovechamiento de aguas pluviales empieza a cobrar cierta fuerza. Así, en China durante las últimas dos décadas se han construido más de 5,5 millones de cisternas de recogida de agua de lluvia en áreas rurales para usos potables y agrícolas (Gould *et al.*, 2014). En 2001, Brasil lanzó el programa “Un Millón de Cisternas” como alternativa a los problemas de suministro de agua en las áreas rurales de este país, especialmente las del Nordeste (de Moraes y Rocha, 2013). Un ejemplo que demuestra la rapidez y flexibilidad con que se puede movilizar este recurso se encuentra en áreas afectadas por calamidades de origen natural como tsunamis o tempestades tropicales. Así, la expansión de los aprovechamientos de agua de lluvia ha sido especialmente notable en las áreas de Sri Lanka afectadas por el tsunami de 2004 o en Myanmar tras el ciclón “Nargis” (WHO, 2019).

En el mundo desarrollado, los sistemas de aprovechamiento de agua de lluvia se han multiplicado sobre todo en ciudades situadas en entornos áridos o semiáridos como por ejemplo en California, Estados Unidos, o en regiones de Australia. Es en este último país, y especialmente durante la denominada “Sequía del Milenio” (1995-2009), donde más ha avanzado la implantación de estos sistemas. Según estadísticas oficiales, en 2010 aproximadamente un millón y medio de hogares (20 % del total de los hogares australianos) disponía de un sistema de aprovechamiento de agua de lluvia (ABS, 2010). En Europa, en cambio, la presencia de estos sistemas es más evidente en países de régimen climático relativamente lluvioso como Alemania que en lugares de clima más seco como los países mediterráneos. Mientras que en Alemania, alrededor de una tercera parte de los edificios de nueva construcción cuentan con estos sistemas (Schuetze, 2013), el rico legado histórico vinculado a estos aprovechamientos en las áreas

mediterráneas en buena parte se halla actualmente en desuso bajo diversos estados de degradación. Cabe señalar que en algunos casos existen iniciativas casi siempre de carácter local para promover estos sistemas. En la provincia de Barcelona, por ejemplo, diversos municipios han incorporado la obligatoriedad del aprovechamiento de agua de lluvia para viviendas unifamiliares y plurifamiliares con jardines de cierto tamaño que precisan de riego (Domènech y Saurí, 2011). En conjunto, por tanto, este recurso muestra avances considerables en muchos lugares del mundo, aunque la realización de su pleno potencial como alternativa a los recursos convencionales todavía se halla lejos.

Aprovechamiento de agua de lluvia: ventajas e inconvenientes

En este apartado se examinarán las principales ventajas e inconvenientes de los sistemas de aprovechamiento de aguas pluviales, tanto en términos de cantidad como en términos de calidad.

De manera general, el agua de lluvia presenta una serie de ventajas muy significativas. En países donde existe una red pública de abastecimiento, el agua de lluvia no requiere los inputs energéticos de los sistemas convencionales de suministro ni tampoco genera las emisiones de gases de efecto invernadero ni de otros contaminantes derivados del consumo de ciertos tipos de energía. Al tratarse de un recurso local y descentralizado apto para una multitud de usos, permite el ahorro de agua de la red pública y, junto con otros recursos no convencionales y acciones de ahorro de agua, puede contribuir a reducir el tamaño y los costes de las infraestructuras que sustentan a estas redes. Además, la captura de agua de lluvia reduce la escorrentía urbana y, por tanto, las inundaciones y la contaminación difusa asociada a estos flujos de escorrentía (Farreny *et al.*, 2011b; Ghaffarian-Hoseini *et al.*, 2016).

Por lo que se refiere a las ventajas en términos de disponibilidad del recurso y, como se ha afirmado anteriormente, en el contexto del mundo en desarrollo, la recolección de agua de lluvia resulta una alternativa viable para beber y cocinar frente a otras fuentes de agua más escasas, contaminadas o distantes (Domènech *et al.*, 2012). En el mundo desarrollado, el agua de lluvia puede satisfacer múltiples usos no potables, algunos de ellos como el riego de jardines, de consumos elevados y por tanto onerosos a nivel económico. En relación con la calidad, el agua de lluvia capturada en la fase de precipitación se halla libre de muchas de las sustancias que pueden contaminar el agua durante la fase de escorrentía (metales pesados, pesticidas, contaminantes orgánicos, etc.). Además, su contenido en sales o en cal es relativamente bajo (Abdulla y Shareef, 2009). Sin embargo, para ser potable debe asegurarse que las superficies de captación (tejados, etc.) estén libres de materias potencialmente nocivas como polvo, hojas, insectos, restos fecales de pájaros, etc. Por ello se recomienda que las superficies de captación sean preferentemente metálicas (Ghaffarian-Hoseini *et al.*, 2016).

En términos de aceptación social, este recurso resulta generalmente muy bienvenido por parte de los usuarios por varios motivos. En primer lugar, por suponer unos flujos de calidad adecuada que son accesibles con relativa facilidad. Para ciertas áreas rurales del mundo en desarrollo, como las africanas y asiáticas, ello supone aliviar las cargas de mujeres y niños generalmente responsables por conseguir agua para los hogares y que deben emplear diariamente un tiempo considerable en esta tarea. En un estudio

sobre áreas rurales de Nepal, por ejemplo, la instalación de depósitos de recogida de agua de lluvia en poblados supuso reducir a poco más de dos horas diarias el tiempo destinado a la búsqueda de agua durante la estación seca y a cero durante la estación lluviosa, cuando anteriormente se dedicaban hasta seis horas diarias a estas labores. Ello permitió que los hogares dispusieran de más tiempo para la educación de los niños y para disponer de tiempo para actividades productivas como la pequeña agricultura y ganadería. Además y debido a la mayor cantidad y calidad de agua disponible, la higiene mejoró sustancialmente y la incidencia de diarreas se redujo a la mitad (Domènech *et al.* 2012). Por su parte, los usuarios de los países ricos destacan, entre otros aspectos, el ahorro económico que obtienen al no tener que utilizar agua de red y el hecho de que se trata de una gestión más cercana a la fuente de los recursos hídricos (Vallès-Casas *et al.*, 2016). En ambos casos nos encontramos ante una gobernanza del recurso hídrico más descentralizada y participativa, y, por tanto, en principio, más atractiva para los usuarios.

En conjunto, pues, se trata de un recurso que goza de una importante aceptación social y que los usuarios la valoran de una manera consistente, especialmente en comparación con otros flujos alternativos. Kelly *et al.* (2015), por ejemplo, señalan que, para usos potables, el agua de lluvia se prefiere al agua procedente de desalinizadoras o al agua regenerada. Igualmente, y para una muestra de residentes en Alicante (España), el agua de lluvia ocupaba el primer lugar en las preferencias de los usuarios con relación a otras opciones (March *et al.* 2015). Cuando se combinan factores como costes económicos, ahorros de agua y percepción del recurso, el agua de lluvia suele suscitar asimismo opiniones muy favorables (Domènech y Saurí, 2012).

El principal inconveniente es, sin duda, la falta de garantía de suministro, especialmente para zonas climáticas áridas o semiáridas con precipitaciones escasas e irregulares (Kunar 2004). Sin embargo, esta garantía depende tanto de la lluvia caída como de la capacidad para recogerla y almacenarla. En este sentido, elementos del sistema de aprovechamiento como la superficie de captación y el tamaño del tanque o depósito resultan críticos. Para superficies de captación pequeñas (50 m² o menos) y depósitos de volumen reducido (5.000 litros o menos), el agua de lluvia resulta insuficiente para satisfacer los usos básicos con ciertas garantías. Ahora bien, para superficies de captación de agua de lluvia de 250 m² y tanques de unos 20.000 litros, la garantía de suministro supera el 80 o el 90 por ciento, incluso en las zonas más secas del planeta (Musayev *et al.* 2018). Aunque muchos usuarios lamentan sobre todo no disponer de tanques con mayor capacidad de almacenamiento de agua, quizá la verdadera limitación para muchos hogares sea el tamaño de las superficies de captación. Un aspecto que viene recabando gran interés es el posible impacto del cambio climático sobre estos recursos que, en general, se considera negativo para aquellas zonas del planeta para las que se anticipa una reducción de las precipitaciones, como por ejemplo Australia (Hake *et al.* 2016) o el Oeste de los EEUU (Alamdari *et al.* 2018). En cambio, quizá no se reconoce lo suficiente el potencial de estos sistemas para reducir los flujos de escorrentía asociados a una mayor frecuencia de precipitaciones de gran intensidad vinculadas al cambio climático en muchos lugares del mundo, como en el ámbito mediterráneo europeo. En este sentido, el almacenamiento controlado de flujos que de caso contrario podrían causar inundaciones, representa un ejemplo de cómo un riesgo puede llegar a convertirse en un recurso (Saurí y Palau-Rof, 2017).

Otro posible inconveniente atañe a la financiación de estos sistemas. En muchos países, se argumenta que, sin algún tipo de subsidio público, la generalización del

uso de aguas pluviales resulta problemática. De hecho, si Australia es seguramente el primer país del mundo en número de sistemas de aprovechamiento de agua de lluvia se debe en gran parte a las ayudas públicas (Rahman *et al.*, 2012). Para otros países desarrollados, la rentabilidad financiera solo puede asegurarse con proyectos relativamente grandes (Farreny *et al.* 2011) o con precios e impuestos al agua de red relativamente altos (Hajani y Rahman, 2014; Dallman *et al.*, 2016). En el mundo en desarrollo, la mayor parte de los hogares no disponen de recursos para instalar estos sistemas y deben recurrir a la asistencia financiera del Estado o de organizaciones no gubernamentales (ONGs) (Kahinda *et al.*, 2010). En cualquier caso, el reto sigue siendo reducir el coste de los sistemas (Campisano *et al.*, 2017) incluyendo los costes de mantenimiento (Lee *et al.*, 2016). Otro elemento destacable a nivel de políticas públicas en algunos casos es la obligatoriedad de instalación de estos sistemas a partir de ciertos umbrales en términos de consumo de agua como, por ejemplo, el riego de jardines. La obligatoriedad puede percibirse en un primer momento como imposición pero en casos como ciertos municipios de la provincia de Barcelona que han promulgado ordenanzas de ahorro de agua, la aceptación posterior por parte de los usuarios ha sido buena en líneas generales (Vallès-Casas *et al.* 2016).

También resulta interesante contrastar las ventajas e inconvenientes del aprovechamiento de agua de lluvia con otros recursos no convencionales como la desalinización, las aguas residuales recicladas y las denominadas “aguas grises” o aguas recicladas en edificios a partir de duchas y bañeras. En comparación con estos recursos, el aprovechamiento de agua de lluvia obligaría a una inversión inicial relativamente elevada (de ahí, la necesidad de ayudas públicas o de ONGs en muchos casos) y, en función de las características del sistema y el régimen de lluvias dominante, adolecería de una garantía de suministro baja en relación con los otros tres tipos de recursos. En cambio, aspectos como la accesibilidad, la calidad, el coste de generar el recurso en sí (incluyendo costos energéticos prácticamente nulos), la simplicidad tecnológica, el bajo impacto ambiental y la elevada aceptación social incidirían favorablemente en comparación con los otros recursos (Domènech *et al.* 2012). Por lo que se refiere a la valoración del agua de lluvia por parte de distintos agentes sociales vinculados a la gestión del ciclo hidrológico, en un estudio centrado en el ámbito metropolitano de Barcelona el recurso alcanzó una nota máxima por parte de grupos ambientalistas y empresas instaladoras de sistemas de captación, pero una nota mínima (aunque buena) por parte de las empresas suministradoras de agua (Domènech *et al.* 2012). En conjunto, pues, aunque con algunas excepciones, las aguas pluviales suelen ocupar el primer lugar en las preferencias relativas al uso de distintos recursos alternativos por parte de usuarios, gestores y expertos.

Aguas pluviales y contexto sociocultural

Finalmente, cabría preguntarse también por el papel del agua de lluvia en el contexto sociocultural que rodea la gestión de los recursos hídricos. Este es un debate que atañe ante todo al mundo rico pero que demuestra claramente que la gestión de recursos hídricos a escala del hogar no puede desmarcarse de consideraciones económicas, sociales y culturales. Para algunos autores (Delaney y Farm, 2015), en los países ricos la simple presencia de la tecnología no asegura su uso, especialmente si este último se considera limitado; por ejemplo, el uso de agua pluvial solamente para regar el jardín

y no para usos interiores percibidos como más exigentes en calidad. Otros autores cuestionan el argumento de que utilizar agua de lluvia pueda suponer un ahorro efectivo en el total de agua consumida por los hogares. En este sentido, para el caso australiano Moy (2011) distingue tres grandes categorías de usuarios. En primer lugar, y como grupo más numeroso, aquellos usuarios que ven en el agua de lluvia un medio para asegurar su independencia del agua de la red y poder continuar así con sus patrones de consumo habituales, que a veces pueden verse restringidos por situaciones de sequía. Un segundo grupo estaría formado por hogares con una actitud generalmente proambiental pero que no incide en cambios apreciables en la tipología de consumo. En este caso, los hogares no reducirían su consumo de agua, pero al utilizar recursos pluviales propios considerarían que ya satisfacen los requisitos de la conservación. Por último, un tercer grupo mucho más reducido utilizaría aguas pluviales pero pondría el mayor énfasis en el ahorro de agua, independientemente del origen de esta última. Finalmente, resulta necesario insistir en la dimensión política de las aguas pluviales en el sentido de eliminar la distinción entre proveedor y consumidor o cliente (como en los servicios de agua convencionales) y de proponer un nuevo paradigma en la gestión urbana del agua, cuestionando no solo las grandes infraestructuras sino también su gobernanza en manos de expertos a menudo poco sensibles a los condicionantes de muchas áreas que sufren carestía de agua (Sofoulis, 2015).

Conclusiones

El presente trabajo se ha ocupado de un recurso hídrico alternativo, el agua de lluvia, en franca expansión en muchos lugares del mundo, especialmente en aquellos caracterizados por situaciones de estrés hídrico. En los países en vías de desarrollo este recurso puede satisfacer necesidades básicas que, hasta ahora, y en ciertos países africanos y asiáticos, requerían la movilización de mujeres y niños en la búsqueda cotidiana de agua escasa y de calidad incierta para lo que se empleaba una parte significativa de la jornada. En los países desarrollados el agua de lluvia contribuye a satisfacer usos no tan imprescindibles, pero igualmente presentes como el del agua necesaria para las cisternas de baños, para la limpieza del hogar o para el riego de superficies exteriores ajardinadas.

En ambos casos, los sistemas de aprovechamiento de aguas pluviales forman parte de una cultura renovada de infraestructuras hidráulicas urbanas y rurales basada en proyectos descentralizados y realizados a menudo a escala del hogar o del poblado, con un sistema de gobernanza muy cercano al usuario final y en el que este último participa de manera decisiva. El artículo se ha interesado por destacar las múltiples ventajas asociadas al aprovechamiento de los recursos pluviales, pero también algunos posibles inconvenientes, especialmente los relacionados con la garantía del suministro. En ese sentido y de manera relevante para áreas de clima semiárido, las incertidumbres vinculadas al régimen de precipitaciones, acentuadas en algunas áreas por el cambio climático, obligan a desarrollar sistemas basados en grandes superficies de captación y también en depósitos de gran capacidad, lo cual a menudo resulta difícil por la estructura y características de las edificaciones y los costes todavía elevados de estos sistemas. La financiación de los sistemas de aprovechamiento de agua de lluvia puede representar también un obstáculo para su expansión en los países desarrollados, por lo que en muchos casos únicamente la existencia de subvenciones públicas para su

instalación garantiza una cierta presencia. En otros casos, el coste de los sistemas puede estar incluido en el precio de la vivienda y quizá sea más fácilmente asumible. Otra desventaja notable estriba en su difícil implantación en medios urbanos densos en los que predomina el urbanismo vertical. En estos casos, la superficie de captación es muy reducida en comparación con la demanda potencial y otros recursos alternativos, como las denominadas aguas grises, que poseen importantes ventajas comparativas con respecto a las aguas pluviales.

A pesar de los problemas anteriormente reseñados, el aprovechamiento de aguas pluviales representa un paso adelante en las políticas hídricas que buscan liberarse de los problemas de las grandes obras hidráulicas y su entramado de impactos económicos, sociales y ambientales y optar por recursos más cercanos y más abiertos a la participación de los usuarios. En muchos lugares del planeta, especialmente en las zonas rurales. pero también en áreas urbanas del mundo en desarrollo, el Estado, por diversos motivos, ha sido en gran parte incapaz de proveer a la población de un bien esencial como es el agua. Por su parte, el mercado ha mostrado poco interés en resolver estas demandas por la escasa capacidad de pago de muchos hogares. En ambos casos, el enfoque del suministro de agua es mayoritariamente el de grandes infraestructuras caras, que tienen fuertes impactos. En cambio, recursos descentralizados, de coste económico modesto en conjunto y cercanos a los usuarios, como las aguas pluviales, suponen una alternativa cada vez más sólida para paliar la falta de acceso al agua de una parte todavía importante de la población mundial. Además, y como afirma Sofoulis (2015), el agua de lluvia puede contribuir a la construcción de un sentimiento de comunidad y de participación activa en la gestión del recurso, que cuestione el paradigma neoliberal de los usuarios del agua como simples clientes en manos de expertos y grandes corporaciones públicas o privadas.

Referencias

Abdulla, Fayez A. y A. W. Al -Shareef (2009). "Roof rainwater harvesting systems for household water supply in Jordan". Desalination, Vol. 243, N° 1-3, págs. 195-207.

Alamdari, Nasrin, David J. Sample, Jia Liu, y Andrew Ross (2018). "Assessing climate change impacts on the reliability of rainwater harvesting systems", Resources, Conservation and Recycling, Vol. 132, N° 2, págs. 178-189.

Akter, Aisha y Shoukat Ahmed (2015). "Potentiality of rainwater harvesting for an urban community in Bangladesh", Journal of Hydrology, Vol. 528, págs. 84-93.

Amos, Caleb Christian, Aatur Rahman, y John Mwangi Gathenya (2016). "Economic analysis and feasibility of rainwater harvesting systems in urban and peri-urban environments: a review of the global situation with a special focus on Australia and Kenya (review)", Water, Vol. 8, N° 4, 149.

ABS – Australian Bureau of Statistics (2010). Australia's Environment: Issues and Trends. Canberra: Australian Bureau of Statistics.

Barthwal, Sunil, Shivani Chandola-Barthwal, Hemant Goyal, Bhanu Nirmani y Bhawana Awasthi (2014). "Socio-economic acceptance of rooftop rainwater harvesting - a case study", Urban Water Journal, Vol. 11, N° 3, págs. 231-239.

Cain, Nicholas L. (2014). "A different path: the global water crisis and rainwater harvesting", Consilience: The Journal of Sustainable Development, Vol. 12, N° 1, págs. 145-157.

Campisano, Alberto, David Butler, Sarah Ward, Matthew J. Burns, Eran Friedler, Kathy DeBusk, Lloyd N. Fisher-Jeffes, Enedir Ghisi, Aatur Rahman, Hiroaki Furumai y Mooyoung Han (2017). "Urban rainwater harvesting systems: research: implementation and future perspectives", Water Research, Vol. 115, págs. 195-209.

Castro, José Esteban (2019). "The challenge of universalizing essential water services in Latin America and the Caribbean", en Petri Juuti, Harry Mattila, Riika Rajala, Klaus Schwartz, y Chad Staddon (Eds), Resilient Water Services and Systems. The Foundation of Well-Being, Londres: IWA Publishing, págs. 47-67.

Cousins, Joshua J. (2018). "Remaking stormwater as a resource: technology, law, and citizenship", Wiley Interdisciplinary Reviews: Water, Vol. 5, N° 5, págs. 1-13.

DeBusk, Kathy y William F. Hunt (2014). "Rainwater harvesting: a comprehensive review of literature", Informe N° 425, Raleigh, NC: Water Resources Research Institute of the University of North Carolina.

Dallman, Suzanne, Anita M. Chaudhry, Misgana K. Muleta y Juneseok Lee (2016). "The 'value of Rain: benefit-cost analysis of rainwater harvesting systems", Water Resources Management, Vol. 30, N° 12, págs. 4415-4428.

Delaney, Candice y Dena Fam (2015). "The 'meaning' behind household rainwater use: an Australian case study", Technology in Society, Vol. 42, págs. 179-186.

de Moraes, Andrea Ferreira Jacques y Cecilia Rocha (2013). "Gendered waters: the participation of women in the 'One Million Cisterns' rainwater harvesting program in the Brazilian Semi-Arid region", Journal of Cleaner Production, Vol. 60, págs. 163-169.

Domènech, Laia y David Saurí (2011). "A comparative appraisal of the use of rainwater harvesting in single and multifamily buildings of the Metropolitan Area of Barcelona (Spain): social experience, drinking water savings and economic costs", Journal of Cleaner Production, Vol. 19, N° 6-7, págs. 598-608.

Domènech, Laia, Han Heijnen, y David Saurí (2012). "Rainwater harvesting for human consumption and livelihood improvement in rural Nepal: benefits and risks", Water and Environment Journal, Vol. 26, N° 4, págs. 465-472.

Domènech, Laia, Hug March y David Saurí (2013). "Degrowth initiatives in the urban water sector? A Social Multi-criteria Evaluation of non-conventional water alternatives in Metropolitan Barcelona", Journal of Cleaner Production, Vol. 38, págs. 44-55.

Ennenbach, Mounir William, Paulina Concha Larrauri, y Upmanu Lall (2018). "County-scale rainwater harvesting feasibility in the United States: climate, collection area, density, and reuse considerations", Journal of the American Water Resources Association, Vol. 54, N° 1, págs. 255-274.

Farreny, Ramón, Xavier Gabarrell y Joan Rieradevall (2011). "Cost-efficiency of rainwater harvesting strategies in dense Mediterranean neighbourhoods", Resources Conservation and Recycling, Vol. 55, N° 7, págs. 686-94.

Farbotko, Carol, Andrea Walton, Aditi Mankad y John Gardner (2014). "Household rainwater tanks mediating changing relations with water?", Ecology and Society, Vol. 19, N° 2, Art. 62.

Fielding, Kelly S., John Gardner, Zoe Leviston y Jennifer Price (2015). "Comparing public perceptions of alternative water sources for potable use: the case of rainwater, stormwater, desalinated water, and recycled water", Water Resources Management, Vol. 29, págs. 4501-4518.

Ghaffarian-Hoseini, Ali, John Tookey, Amirhosein Ghaffarian-Hoseini, Safiah Muhammad Yusoff y Norhaslina Binti Hassan (2016). "State of the art of rainwater harvesting systems towards promoting green built environments: a review", Desalination and Water Treatment, Vol. 57, N° 1, págs. 95-104.

Ghisi, EneDir, Diego Lapolli Bressan y Maurício Martini (2007), "Rainwater tank capacity and potential for potable water savings by using rainwater in the residential sector of southeastern Brazil", Building and Environment, Vol. 42, N° 4, págs. 1654-1666.

Gould, John, Zhu Qiang y Li Yuanhong (2014). "Using every last drop: rainwater harvesting and utilization in Gansu Province, China", Waterlines, Vol. 33, N° 2, págs. 107-119.

Hajani, Evan y Aatur Rahman (2014). "Reliability and cost analysis of a rainwater

harvesting system in peri-urban regions of greater Sydney”, Australia Water, Vol. 6, No 4, págs. 945-960.

Haque, Md Mahmudul, Aatur Rahman y Bijan Samali (2016). “Evaluation of climate change impacts on rainwater harvesting”, Journal of Cleaner Production, Vol. 137, págs. 60-69.

Ímaz Gispert, Mireya, María Aurora Armienta Hernández, Enrique Lomnitz Climent y María Fernanda Torregrosa Flores (2018). “Rainwater harvesting as a drinking water option for Mexico City”, Sustainability, Vol. 10, N° 11, 3890.

Islam, Md. Manzurul, Frederick N. Chou, M. R. Kabir y Chao-Hsien Liaw (2010). “Rainwater: a potential alternative source for scarce safe drinking and Arsenic contaminated water in Bangladesh”, Water Resources Management, Vol. 24, págs. 3987-4008.

Kahinda, J. Mwenge, Akpofure E. Taigbenua y R. J. Boroto (2010), “Domestic rainwater harvesting as an adaptation measure to climate change in South Africa”, Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C, Vol. 35, N° 13-14, págs. 742-751.

Kumar, M. Dinesh (2004). “Roof water harvesting for domestic water security: who gains and who loses?”, Water International, Vol. 29, N° 1, págs. 43-53.

Lee, Ju Young, Hyoungju Kim y Mooyoung Han (2016). “Importance of maintenance in rainwater harvesting systems: a case study”, Water Science and Technology: Water Supply, Vol. 16, N° 1, págs. 97-103.

López Zavala, Miguel Ángel, Mónica José Cruz Prieto, y Cristina Alejandra Rojas Rojas (2018). “Rainwater harvesting as an alternative for water supply in regions with high water stress”, Water Supply, Vol. 18, N° 6, págs. 1946-1955.

March. Hug, LaiaDomènech y David Saurí (2013). “Water conservation campaigns and citizen perceptions: the drought of 2007-2008 in the Metropolitan Area of Barcelona”, Natural Hazards, Vol. 65, págs. 1951-1966.

March, Hug, María Hernández- Hernández y David Saurí (2015). “Percepción de recursos convencionales y no convencionales en áreas sujetas a estrés hídrico: el caso de Alicante”, Revista de Geografía Norte Grande, Vol. 60, págs. 153-172.

Mellor, Jonathan E., David W. Watkins y James R. Mihelcic (2012). “Rural water usage in East Africa: does collection effort really impact basic access?”, Waterlines, Vol. 31, N° 3, págs. 215-225.

Moy, Candice (2012). “Rainwater tank households: water savers or water users?”, Geographical Research, Vol. 50, N° 2, págs. 204-216.

Musayev, Sardorbek, Elizabeth Burgess y Jonathan Mellor (2018). “A global performance assessment of rainwater harvesting under climate change”, Resources, Conservation and Recycling, Vol. 132, págs. 62-70.

Palla, Anna, Ilaria Gnecco, Luca G. Lanza y Paolo La Barbera (2012). “Performance

analysis of domestic rainwater harvesting systems under various European climate zones”, Resources, Conservation and Recycling, Vol. 62, págs. 71- 80.

Rahman Aatur, Keane Joseph y Monzur Alam Imteaz (2012). “Rainwater harvesting in greater Sydney: water savings, reliability and economic benefits”, Resources, Conservation and Recycling, Vol. 61, págs. 16-21.

Saurí, David y Laura Palau-Rof (2017). “Urban drainage in Barcelona. From hazard to resource?”, Water Alternatives, Vol. 10, N° 2, págs. 475-492.

Sharma, Ashok K., Donald Begbie y Ted Gardner (Eds.) (2015). Rainwater Tank Systems for Water Supply. Design, Yield, Energy, Health Risks, Economics and Social Perceptions. Londres: IWA Publishing.

Saurí, David y Xavier García (2020). “Non-conventional resources for the coming drought: the development of rainwater harvesting systems in a Mediterranean suburban area”, Water International, Vol. 45, N° 2, págs. 125-141.

Sofoulis, Zoë (2015). “The trouble with tanks: unsettling dominant Australian urban water management paradigms”, Local Environment, Vol. 20, N° 5, 529-547.

Steffen, Jennifer, Mark Jensen, Christine A. Pomeroy y Steven J. Burian (2013). “Water supply and stormwater management benefits of residential rainwater harvesting in U.S. cities”, Journal of the American Water Resources Association, Vol. 49, N° 4, págs. 810-824.

Vallès-Casas, María, Hug March y David Saurí (2016). “Decentralized and user-led approaches to rainwater harvesting and greywater recycling: the case of Sant Cugat del Vallès, Barcelona, Spain”, Built Environment, Vol. 42, N° 2, págs. 243-257.

Vallès-Casas, María, Laia Domènech y David Saurí (2011). “Estudi sobre l’Aplicació de les Ordenances Municipals d’Estalvi d’Aigua a Catalunya”, Barcelona: Diputació de Barcelona.

WHO – World Health Organization (2019). “Rainwater Harvesting”. Disponible en: http://www.searo.who.int/entity/water_sanitation/topics/rainwater/en/. Consultado en diciembre de 2019.

Zhang, Xingqi y Maochuan Hu (2014). “Effectiveness of rainwater harvesting in runoff volume reduction in a planned industrial park, China”, Water Resources Management, Vol. 28, págs. 671-682.

Zhang, Yan, Donghui Chen, Liang Chen y Stephanie Ashbolt (2009). “Potential for rainwater use in high-rise buildings in Australian cities”, Journal of Environmental Management, Vol. 91, N° 1, págs. 222-226.



WATERLATGOBACIT