

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 captarse 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, Eneid 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.

Artículo 2

Atrapanieblas como experimentos en el ciclo hidrosocial de zonas áridas en Chile

*Martín Sanzana Calvet*¹, Instituto de Estudios Estratégicos para el Desarrollo Humano (INEDH), Concepción, Bío-Bío, Chile

Resumen

En un contexto marcado por la privatización del agua y de las compañías sanitarias, y por la existencia de arreglos institucionales precarios para las zonas rurales, desde los años 1980s en las zonas áridas del norte chileno se viene experimentando con atrapanieblas, dispositivos de cosecha de agua de niebla. Este artículo examina el desarrollo de los sistemas en tres comunidades rurales de la Región de Coquimbo, analizando la evolución de estos experimentos con relación a los procesos sociales de producción de escasez e injusticia hídrica. Mediante el análisis documental se detallan los experimentos y se caracterizan los territorios hidrosociales en que se insertan, enfatizando tanto la potencialidad como la ambigüedad de estos sistemas como alternativa al régimen hídrico dominante.

Palabras clave: atrapanieblas, experimentos, zonas áridas, Chile.

Recibido: julio de 2019

Aceptado: octubre de 2019

¹ E-mail: biourbe@gmail.com.

Abstract

Since the 1980s experimentation with fog collection devices have taken place in arid areas of northern Chile, in a context of both privatization and precarious institutional arrangements for rural areas. This article examines the implementation of these experimental systems in three rural communities of the Coquimbo Region, to analyse the linkages between experiments and the social production of water scarcity and injustice. Based on a documentary analysis, this work describes the experiments and characterizes the hydro-social territories in which they are inserted, emphasizing both the potential and the ambiguity of these systems as an alternative to the dominant water regime.

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

Received: July 2019

Accepted: October 2019

Introducción²

En un contexto de cambio climático que intensifica los eventos climáticos extremos, facilitando la expansión de la desertificación, se han multiplicado situaciones de escasez hídrica y conflictos por el agua. Esto es notorio en el caso de las zonas áridas, de la mano de fenómenos de intensificación de actividades productivas mineras, agrícolas y de generación de energía, sumadas a procesos desregulados de urbanización. En el caso chileno, en particular, hay que añadir sucesivos procesos de neoliberalización del agua iniciados durante la Dictadura Militar (1973-1990) que han privatizado tanto fuentes de agua y derechos de uso como empresas de agua potable y sanitarias, agudizando así socialmente situaciones geo-climáticas de escasez hídrica. Una de las consecuencias de esa escasez ha sido la búsqueda de sistemas de producción de agua alternativos a la captación de flujos superficiales y subterráneos. La desalinización, el trasvase de cuencas, el almacenamiento en estanques temporales, la provisión vía camiones aljibe, la venta de agua al por menor vía bidones y botellas son todas soluciones que con diferentes escalas y costos que ya están en curso. Entre estas tecnologías surgen también los atrapanieblas, como promesa de soluciones sustentables a los problemas de escasez hídrica en zonas áridas, basados en una tecnología de cosecha de agua de nubes distinta a la captura de agua lluvia.

Considerando que, a la fecha de escribir este texto, su implementación se mantiene aún restringida a casos aislados y programas piloto, este trabajo explora la ecología política de la experimentación en desarrollo de los atrapanieblas. El foco del artículo son los experimentos y su relación con el contexto de acceso al agua y otras soluciones de provisión. Partiendo de una mirada centrada en la Región de Coquimbo en Chile, donde desde hace décadas se ha experimentado con el desarrollo de diversos sistemas de provisión alternativa de agua, se analiza mediante revisión de literatura especializada y métodos de análisis documental la instalación de atrapanieblas en las comunas de La Higuera y Ovalle, ubicadas al sur del desierto de Atacama.

Marco teórico y metodología

Para el estudio crítico de la experimentación de sistemas no-tradicionales de provisión de agua en zonas áridas es pertinente elaborar un marco de análisis que ayude a entender el rol de los atrapanieblas en el complejo de relaciones socio-naturales y su relación con el poder. Para ello resulta útil recurrir a los estudios en ecología política, que vienen evidenciando que las condiciones de escasez y abundancia del agua se relacionan con procesos sociales e históricos que construyen una determinada manera de producir, usar y concebir el agua (Bakker, 2000; Swyngedouw, 2007). La propia noción de ciclo hidrológico, como un concepto objetivo y neutral, ha tendido a velar a los proyectos políticos de gobernanza del agua que movilizan la técnica, el ordenamiento jurídico, el conocimiento y el capital para producir "agua" escindiendo al elemento de su contexto climático, geográfico y social (Bakker, 2012).

También, en las aportaciones desde la ecología política urbana el agua es parte de un

² El artículo presenta resultados del Proyecto "Aproximación a la ecología política de la experimentación en sustentabilidad hídrica en la Región de Coquimbo, Chile", 2019, Instituto de Estudios Estratégicos para el Desarrollo Humano (INEDH), Concepción, Bío-Bío, Chile.

ciclo mediado por sistemas sociales de producción y distribución, una regulación donde se entrecruzan procesos de modernización capitalista, formación estatal-nacional, instituciones culturales y resistencias (Bakker, 2003; Swyngedouw 2004; Kaïka, 2004). Bajo esta mirada, la circulación del agua no solo genera beneficiarios y perjudicados, sino que el propio metabolismo del agua se entiende como una configuración híbrida entre hidrología y formación social, un ciclo hidrosocial donde el agua circula hacia el poder (Swyngedouw, 2009) y por el cual agua y sociedad se producen y reproducen mutuamente (Linton y Budds, 2013). Los derechos de propiedad y/o de acceso al agua expresarían entonces relaciones de poder, y podrían ser concebidos incluso como “un componente de los derechos civiles de la ciudadanía” (Castro, 2006: 276). Ello es relevante en relación a la gobernanza del agua en el caso chileno, donde existe amplia evidencia de los continuos procesos de neoliberalización que establecieron un marco regulatorio de privatización de los derechos de agua y de las empresas sanitarias, a la vez desposeyendo a la sociedad del acceso a un bien común (Budds, 2004; Bauer, 2012). El resultado fue la consolidación de un control del agua privado y monopólico en el caso de las empresas sanitarias, basado en avanzados sistemas socio-técnicos, que hoy dominan los flujos y reservas de agua existentes –ya sea para la producción de agua potable, las actividades silvo-agropecuarias o la minería –mientras que se multiplicaron las zonas residuales desposeídas donde las comunidades y los órganos estatales buscan resolver la provisión mínima de agua mediante arreglos de relativa precariedad (Durán, 2015; Zurbriggen, 2014).

Por otra parte, en el estudio de las transiciones a la sustentabilidad de los regímenes sociotécnicos ha emergido la noción de “experimento”, como potencial detonante de cambio en esas configuraciones de actores, normas, y técnicas por las cuales las necesidades sociales son satisfechas (Schot y Geels, 2008; Sengers *et al.*, 2016). Ya sea busquen explotar nichos de mercado o se generen desde organizaciones de base, tengan un carácter social bien delimitado, o apunten a metas de transición y sustentabilidad, los experimentos pueden ser entendidos como iniciativas que a través de medios sociotécnicos buscan establecer modos alternativos más eficientes de suplir una función social, haciendo de un lugar o espacio social un laboratorio en condiciones de vida real (*Ibid.*). La experimentación trata de probar y difundir nuevas tecnologías cuyo aprendizaje puede resultar en un escalamiento del conocimiento – apropiable por el público o por actores privados – influenciando tendencias de cambio más profundas en el régimen sociotécnico dominante, mientras que el análisis crítico se enfoca sobre todo en los nuevos modos de gobernanza que se establecen y en identificar a quiénes benefician/perjudican (Bulkeley y Castán Broto, 2013). Aunque la investigación se ha enfocado en los experimentos urbanos como nueva forma de gobernanza (Caprotti y Cowley, 2017), aquí se aplica ese marco para casos fuera de las ciudades.

En zonas donde la percepción de escasez hídrica motiva y legítima la búsqueda de nuevos sistemas de producción y distribución de agua se han reportado modelos de solución de gran escala promovidos por el Estado, ya sea enfocados en la gestión (como cobro, ajustes de precio o privatización) o bien en el escalamiento de grandes infraestructuras como embalses, transposición de cuencas y plantas desalinizadoras (Swyngedouw, 2013; Roman, 2017; Kaïka, 2004). Investigaciones críticas han develado la falta de equilibrio social y ambiental de estas soluciones –y su desconexión de otros mecanismos de gobernanza ambiental existentes– que suelen reforzar modelos de desarrollo orientados al crecimiento económico y cuya puesta en funcionamiento

reporta nuevas interrupciones sociales, políticas y ambientales, incrementando la injusticia ambiental y los conflictos ecológico-distributivos (Rodríguez-Labajos y Martínez-Alier, 2015; March *et al.*, 2014; Barkin, 2003). La injusticia hídrica en particular no se limita apenas a cuestiones distributivas y de acceso al recurso, sino que también se refiere a los obstáculos al reconocimiento de aspectos culturales ligados al agua y de participación política en los modos en que esa agua se produce y distribuye (Boelens *et al.*, 2011).

En cuanto a las prácticas de captura de agua de lluvia, extendidas en el Sur Global, estas buscan mitigar la escasez con intervenciones de menor impacto ambiental y a escalas comunitarias, en ocasiones en abierto conflicto con la implementación de sistemas sociotécnicos de gran escala (Button, 2017; Cochran y Ray, 2009; Tabor, 1995; Ocampo-Fletes, Parra-Inzunza, y Ruiz-Barbosa, 2018; Tagle Zamora *et al.*, 2018). En las zonas urbanas dichas tecnologías de cosecha de agua están incorporadas al arsenal de experimentos en sustentabilidad, mitigación y adaptación al cambio climático, tanto para complementar los servicios existentes como para implementar circuitos más circulares y sustentables de manejo del agua (Chini *et al.*, 2017; Castán Broto y Bulkeley, 2013; García Soler *et al.*, 2018).

La investigación contemporánea sobre el uso de la niebla como recurso hídrico se inició en la década de 1960 en diversas zonas áridas, aunque fue a fines de la década de 1980 cuando se comenzaron a estandarizar los sistemas de atrapanieblas que hoy se conocen (Cereceda, 2000). Esta tecnología se basa en un modelo de captura de agua de nubes y niebla desarrollado en buena medida gracias a la motivación de investigadores universitarios y la colaboración de comunidades rurales costeras del desierto norte de Chile (Schemenauer y Cereceda, 1991), y hay registro de que el desarrollo experimental de estos sistemas y el conocimiento de las técnicas y los factores ambientales de las variables involucradas no ha cesado de avanzar hasta nuestro días (Cereceda *et al.*, 2015; Montecinos *et al.*, 2018; Zhang y Wang, 2016). Sin embargo, las interpretaciones de cómo los sistemas de atrapanieblas se alinean con procesos más amplios de transición a la sustentabilidad, escalamiento de los sistemas de gestión hídrica, y luchas por la justicia ambiental son absolutamente incipientes, particularmente en el caso de la relativamente temprana experiencia chilena (Qadir *et al.*, 2018; Lucier y Qadir, 2018; Fernández *et al.*, 2018, Correggiari *et al.*, 2017).

Metodología

El artículo se basa en un análisis documental. Las fuentes fueron en primer lugar la literatura especializada y estudios académicos que incluyeran análisis de casos de diseño, instalación y operación de atrapanieblas. Esa información se complementó con datos de informes de agencias oficiales, como el registro de derechos de agua para las comunas seleccionadas, y reportes de órganos de gobierno nacional, regional y municipal que aportaron tanto información del contexto sociodemográfico como de políticas públicas. Finalmente se desarrolló un registro de prensa por búsquedas en ediciones en línea de diarios regionales y locales de la Región de Coquimbo, enfocado en obtener información complementaria de las iniciativas de atrapanieblas en curso, los actores involucrados, y el contexto social de los experimentos.

Territorios áridos y escasez hídrica

Flanqueada al Oriente por la Cordillera de los Andes, la Región de Coquimbo presenta un territorio surcado por estrechos pero fértiles valles transversales, mientras que al Poniente la bordea un cordón montañoso costero que acaba en una zona del Océano Pacífico de gran productividad marina alimentada por la corriente de Humboldt. Aunque de sus 758 mil habitantes la gran mayoría habita en la conurbación de La Serena-Coquimbo y en otras cinco ciudades, se estima que casi un 20 por ciento del total se encuentra disperso en villorrios y comunidades rurales (INE, 2018). La economía regional depende principalmente de la minería, seguida de los servicios inmobiliarios y turísticos, y la agricultura (Banco Central, 2017). Esta región abarca gran parte de la zona semi-árida chilena que se extiende desde el norte de Santiago hasta el sur del desierto de Atacama, aunque presenta una diversidad de climas que van desde el desértico costero hasta el estepario de altura. Dado un déficit de precipitaciones que se produjo entre 2007 y 2017 asociado al cambio climático y a las intervenciones en los suelos por mayor actividad antrópica se ha consolidado la hipótesis de que la región sufre una progresiva desertificación (Salas *et al.*, 2017; Rodríguez y Henríquez, 2012).

El contexto institucional y de oferta de servicios sanitarios es distinto en cada una de las comunas y localidades bajo análisis. En primer lugar, la red hídrica regional se sostiene por concesiones privadas en las zonas urbanas, que se alimentan de una red de siete grandes embalses públicos en el interior del territorio. En la Región de Coquimbo, todas las comunas (excepto La Higuera y Río Hurtado) son parte del territorio operacional de la concesión asignada a Aguas del Valle, una empresa sanitaria privada controlada por el Fondo de Pensiones de los Profesores de Ontario (Canadá), grupo que además controla otras dos empresas sanitarias en Chile (SISS, 2018). Aunque los niveles de cobertura de agua potable, alcantarillado y tratamiento de aguas servidas de Aguas del Valle superan el 97 por ciento, estas concesiones sanitarias sólo tienen como territorios operacionales las áreas urbanas. Es decir, los casi 150 mil habitantes de localidades rurales de la Región, además de las faenas mineras y zonas agrícolas, están excluidos de este esquema y dependen de arreglos *ad hoc* de gobernanza entre distintos actores y mecanismos (*Ibid.*). Entre estos se destacan los comités de Agua Potable Rural (APR), dependientes de un programa del Ministerio de Obras Públicas, que apoya la instalación de pequeños sistemas autónomos de agua potable donde la gestión y cobro queda bajo responsabilidad del comité, y la provisión de agua mediante camiones aljibe gestionada por los municipios y organismos de la administración regional (Calderón *et al.*, 2016). Las faenas mineras y agroindustriales por su parte operan con la compra de servicios privados de agua y saneamiento por parte de empresas sanitarias no reguladas, o estableciendo sus propios sistemas. Ahora bien, dada la relativa escasez de fuentes de agua en la zona y la existencia de una normativa que privatiza los derechos de agua, el control de estos resulta estratégico, y se estima que las comunidades rurales de menos de 150 habitantes quedan fuera tanto de las soluciones privadas como de las público-institucionales, debiendo atenerse a soluciones de emergencia, como visitas irregulares de camiones aljibe gestionados por entes públicos, la compra de agua embotellada o a granel (camiones aljibe privados), o el uso de aguas salobres o con destino agropecuario (Cereceda, 2000).

Ya en cuanto a la caracterización de los territorios analizados, La Higuera es una comuna de origen minero, habitada actualmente por cerca de 4 mil personas concentradas en el pueblo de la Higuera, en las caletas de pescadores de Punta

Choros, Los Hornos y El Trapiche, o dispersas en caseríos rurales menores, entre ellos la caleta Chungungo (INE, 2018). La minería del hierro sigue teniendo gran importancia económica y social, aunque desde el año 2013 existe un agudo conflicto por la instalación del proyecto Dominga, de minería a gran escala, que ha dividido a la comunidad y alcanzado repercusiones nacionales. El turismo en la comuna ha crecido significativamente con la declaratoria de reserva marina para un archipiélago frente a Punta Choros, y en la misma comuna se ubica también el complejo astronómico de La Silla, que funciona como enclave científico del Observatorio Europeo del Sur (*European Southern Observatory*). En el caso de la comuna de Ovalle, ubicada 90 km al sur de la capital regional, está poblada por casi 115 mil habitantes, más del 80 por ciento de los cuales están asentados en la ciudad de Ovalle, capital de la provincia de Limarí (*Ibid.*). La comuna de Ovalle alberga casi 115 caseríos rurales dispersos, dedicados a la crianza de ovejas y a la agricultura de subsistencia en los cerros o a la agroindustria en el fértil valle del río Limarí, actividad que tiene fuerte impacto tanto en la economía de la zona junto a los servicios y la minería, como en la identidad cultural y los modos de vida tradicionales (Gobierno Regional de Coquimbo, 2014).

Al sistematizar los datos oficiales sobre cesiones de derechos de agua en las dos comunas, se visibiliza un escenario de contrastes y similitudes (Tabla N° 1).

Tabla N° 1. Derechos de agua en litros por segundo otorgados a las comunas de La Higuera y Ovalle (2018)

Categoría	Comunas	
	La Higuera	Ovalle
Embalse	0	23.460
Agroindustria y viñas	1.582	3.673
Agua potable y riego comunidades	2.335	464
Inversiones e inmobiliarias	154	8.773
Sanitarias	7	689
Particulares	645	11.422
Otros organismos, incluyendo el Estado	83	1
Minería	1.109	254
Subtotal (sin embalse)	5.915	25.275
Total	5.915	48.735

Fuente: elaboración propia en base a SISS (2018).

En cuanto a los contrastes, como se indicó anteriormente La Higuera no cuenta con áreas urbanas servidas por empresas sanitarias concesionadas, ni tampoco con embalses u otras fuentes fluviales significativas. De acuerdo con datos oficiales, más del 40 por ciento de los derechos de agua en esa comuna están cedidos a comunidades para fines de agua potable rural y riego (SISS, 2018). En el caso de Ovalle la cantidad de derechos asignados para fines de agroindustria y viñas es superior a la de La Higuera, dicho uso tiene una representación menor en el total. Mientras que en La Higuera la minería representa un porcentaje significativo de los derechos de agua, en Ovalle ese porcentaje es bastante menor (*Ibid.*). Sin embargo, la existencia de una categoría de derechos asignados a particulares sin detalle del uso, muy significativa en el caso de

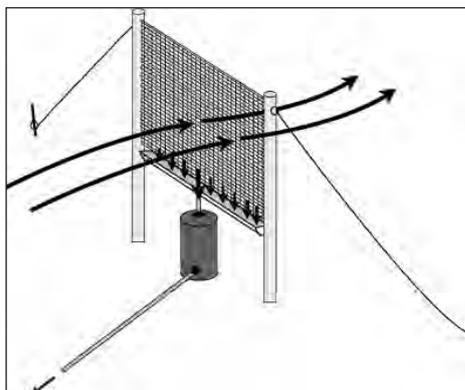
Ovalle, supone que probablemente las actividades de agroindustria y minería se suplen por medio de un mercado de arrendamiento y venta de derechos de agua.

Cabe mencionar además que cinco cuencas de la Región de Coquimbo han sido diagnosticadas dentro de las diez de mayor déficit hídrico del país, es decir, donde la demanda potencial excede la disponibilidad, debido a la sequía y al aumento de las actividades mineras, lo que ha provocado “una fuerte presión sobre el recurso hídrico [...] y una urgencia máxima para el ordenamiento de la oferta y la demanda” (Fundación Chile, 2018: 21). La situación de escasez hídrica y los deficientes servicios de provisión de agua en la región ha motivado una creciente búsqueda de nuevas tecnologías tanto para un uso más eficiente de las fuentes de agua existentes como para el acceso a nuevas fuentes, en particular para la provisión de agua a comunidades rurales y como insumo para nuevos proyectos mineros (Marca Chile, 2018). Es en ese contexto donde emergen las iniciativas de investigación, muestreo e instalación de atrapanieblas en diversas comunidades del norte chileno. Además de una sistematización de las iniciativas a escala de la región de Coquimbo, en este artículo se analiza con más detalle la situación de las iniciativas en las comunidades costeras en las dos comunas seleccionadas.

Los atrapanieblas como dispositivos experimentales

El desarrollo de los atrapanieblas se ha orientado principalmente a cosechar un fenómeno climático propio de la zona costera del norte conocido como “Camanchaca”, que consiste en la generación diaria de grandes nubes tipo estratocúmulos, por evaporación marina, las cuales ingresan a baja altura desde el mar hacia la tierra, elevándose sin precipitar en los cerros del secano costero. Los atrapanieblas son sistemas no-convencionales de cosecha de agua a partir de bancos de niebla y nubes, que han sido reportados en casi una veintena de países (Correggiari *et al.*, 2017). El modelo de atrapanieblas bidimensional (Figura N° 1) se compone de mallas de nylon fijadas por dos postes y estiradas por cables tensores, que capturan las partículas de agua en suspensión en la niebla que los atraviesa, y canalizan el líquido por gravedad mediante canaletas y tuberías a estanques locales o remotos (Carter Gamberini *et al.*, 2016).

Figura N° 1. Sistema de atrapanieblas bidimensional



Fuente: elaboración propia en base a análisis documental.

El sistema bidimensional es el más extendido en Chile, y su instalación consiste en la estructura del atrapanieblas, usualmente instalada en cordones montañosos costeros en alturas superiores a los 600 metros sobre el nivel del mar (msnm), conectada a un estanque de captación con tuberías de distribución. Para establecer la ubicación óptima de estas estructuras se realiza previamente una tarea de sondeo mediante la localización dispersa de pequeños atrapanieblas estándar, llamados neblinómetros, aunque actualmente se recurre además a estudios meteorológicos satelitales previos que orientan el muestreo (Vergara y Cereceda, 2015; Cereceda, 2000).

Hay indicios de que la recolección de niebla mediante el uso de vegetación y de piedras ha sido parte del saber tradicional de diversas comunidades en todos los continentes, desde tiempos remotos (Sharnke, 2010). La literatura especializada sugiere que el primer atrapanieblas contemporáneo nació en 1957, en un contexto de misiones universitarias en la costa del norte chileno. Aunque ese modelo no tuvo una aplicación directa, su reconocimiento como potencial fuente de agua en contextos de escasez hídrica por parte de la comunidad científica y de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) motivó la posterior experimentación con nuevos diseños. En 1984 se generó un diseño muy básico de tipo vela, que se utilizó en la primera aplicación comunitaria a mayor escala para surtir de agua potable y de riego a una caleta de pescadores en la Región de Coquimbo (Cereceda, 2015; Leiva y Hernández, 2014). El relativo éxito de ese sistema propulsó la difusión del diseño tipo bidimensional (vela rectangular) o "chileno", y retroalimentó la investigación que se desarrollaba en las zonas áridas de otros países, generándose una pequeña comunidad de organismos no gubernamentales y proyectos de investigación orientados a promover la aplicación de estas soluciones.

Si enfocamos el registro de experimentación en torno a modelos de atrapanieblas (Tabla N° 2), es significativo notar que mientras el contexto de los primeros modelos son los proyectos de investigación universitaria orientados a generar tecnologías universales para mitigar la escasez hídrica, la creación reciente de nuevos modelos se enfoca en otros objetivos, como la experimentación en diseño, la comercialización, o la educación en modos sustentables de desarrollo comunitario.

Tabla N° 2. Experimentación en modelos de atrapanieblas

Año	Modelo	Superficie (m ²)	Objetivo	Prueba	Método	Contexto
1957	Macrodiamante	32	Mitigación de escasez hídrica	Sí	Invencción	Investigación
1980	Cilíndrico con filamentos	4	Mitigación de escasez hídrica	Sí	Invencción	Investigación
1984	Bidimensional (vela)	90	Aplicabilidad	Sí	Ensayo/error	Investigación
2016	Tridimensional	14	Mayor eficiencia	No	Digital	Tesis
2017	Turbina	3	Comercialización	No	Digital	Patente
2018	Torre tubular	8	Sustentabilidad	Sí	Adaptación	Cooperación

Fuente: elaboración propia en base a análisis documental.

Ya en cuanto a las instalaciones con objetivos de aplicación, la revisión de la literatura y el registro de prensa arrojan que desde 1984 a 2018 ha existido una proliferación de instalaciones de atrapanieblas con distintos objetivos y resultados. Omitiendo sitios de instalación de neblinómetros, la Tabla N° 3 sintetiza las instalaciones de atrapanieblas que llegaron a estar operativas, casi en su totalidad en territorios del árido norte chileno.

Tabla N° 3. Registro de atrapanieblas instalados por región, Chile

Región	Clima	Primera instalación	Última instalación	Unidades totales	Superficie total (m ²)
Coquimbo	Árido / semi-árido	1984	2017	114	5.735
Atacama	Árido	2001	2005	10	400
O'Higgins	Mediterráneo	2013	2015	2	80
Antofagasta	Árido	2016	2016	1	150
Arica y Parinacota	Árido	2016	2016	4	192
Tarapacá	Árido	2016	2016	1	40

Fuente: elaboración propia en base a análisis documental.

La Región de Coquimbo ha concentrado la mayor cantidad de sitios experimentales, unidades de atrapanieblas instalados y superficie total desplegada de atrapanieblas. Un mayor detalle de los experimentos realizados en esa región (Tabla N° 4) muestra una importante variación de las superficies desplegadas y el registro de una nueva oleada de instalaciones recientes.

Tabla N° 4. Atrapanieblas instalados en la Región de Coquimbo

Comuna	Primera instalación	Última instalación	Instalaciones en comunidades/ instalaciones totales	Unidades	Superficie total (m ²)
La Higuera	1984	1992	1/2	71	3450
Canela	1999	2017	2/2	11	550
Ovalle	2006	2017	4/4	26	400
Coquimbo	2017	2017	1/1	5	750
Punilla	2017	2017	1/1	1	150

Fuente: elaboración propia en base a análisis documental.

Aunque el agua de niebla de la Región de Coquimbo suele tener niveles de acidez algo superiores a la norma establecida por la Organización Mundial de la Salud (OMS), las muestras indican que o bien el agua cumple con la norma chilena o bien

su eventual tratamiento para ajustarla a la norma es de bajo costo (Gamberini *et al.*, 2018; Cereceda, 2000). El costo de los materiales para elaborar un atrapanieblas se ha reportado como relativamente bajo, cercano a los mil dólares por dispositivo o un dólar por litro cosechado, aunque casi todas las experiencias reportan gastos adicionales substanciales por dificultades propias del carácter artesanal de su construcción, transporte, ensamblaje, instalación, operación y reparación. Además de su tecnología accesible, existen diseños de uso libre y no se involucran derechos de agua ni renta por la explotación de las nubes. Si se consideran los costos ocultos y los subsidios destinados a otros sistemas, los atrapanieblas pueden ser competitivos, aunque los volúmenes de agua son más limitados en comparación con los disponibles a partir de represas o los generados por sistemas de desalación (Fernández *et al.*, 2018; Cereceda, 2015; Cereceda *et al.*, 2015; Cereceda *et al.*, 1992)..

Atrapanieblas como dispositivos de experimentación hidrosocial

Las trayectorias de los experimentos en las localidades seleccionadas es totalmente disímil, mientras que la pionera y masiva instalación de atrapanieblas en la comuna de La Higuera se abandonó completamente, en las localidades de la comuna de Ovalle siguen operativas las existentes y se continúan produciendo nuevas instalaciones, como se sugiere a seguir.

La localidad de Chungungo en la Región de Coquimbo es una caleta de pescadores al pie de un cordón montañoso donde se desarrolló la experimentación de atrapanieblas para agua potable en uso. En 1984 un equipo científico de estudio de las Camanchacas construyó un atrapanieblas que abasteció de agua a sus instalaciones, fuente que fue aprovechada luego del cierre de la investigación por varias familias (Cereceda, 2015; Leiva y Hernández, 2014). Esos resultados estimularon el desarrollo de un proyecto para la instalación de un sistema de agua potable basado en los atrapanieblas, que se materializó finalmente en 1992, y que pese a sus limitaciones funcionó por una década. Las evaluaciones del impacto de dicho funcionamiento sugieren que los nuevos flujos de agua diversificaron las actividades económicas (cultivo de ostiones) y las fuentes de alimento (huertas), incrementando el mejoramiento del poblado y el bienestar de la comunidad. Pese a su éxito, al séptimo año la capacidad de operación y mantenimiento progresivamente se deterioró y el proyecto finalmente se desmanteló, ya que la gobernanza del sistema estaba fragmentada en distintas entidades y sin un rol claro asignado a la propia comunidad. El deterioro del sistema derivó en la dependencia de camiones aljibe y motivó una campaña del alcalde por instalar un sistema desalinizador por ósmosis reversa, lo cual se materializó en 2005 con un costo de dos millones de dólares (Leiva y Hernández, 2014).

Peña Blanca es una de las muchas comunidades rurales de la comuna de Ovalle. Localizada en los cerros costeros interiores de la comuna, allí habitan algo más de doscientas personas, agrupadas en familias. Aunque la comunidad agrícola posee derechos de agua por 1 litro de agua por segundo de una fuente subterránea, su provisión de agua potable depende de camiones aljibe municipales, cuyo compromiso es el reparto de 200 litros mensuales por persona, que luego se almacenan en estanques locales (Chile

Sustentable, 2018). En 2006, a partir de estudios sobre la niebla realizados en el lugar, dirigentes de la comunidad comenzaron a impulsar el desarrollo de un primer proyecto de atrapanieblas, orientado a producir agua para la tradicional crianza de cabras, de la cual depende en parte la economía local. La experiencia motivó un nuevo proyecto en 2014, ahora financiado por agencias internacionales, para complementar la provisión de agua potable a algunas familias de la comunidad y para obtener agua para el riego de un proyecto de reforestación con especies nativas. Esta última fue una iniciativa de conservación ecológica denominada Reserva Ecológica Cerro Grande, también impulsada por la comunidad en asociación con agencias ambientales. A ese proceso se asoció un emprendedor que desarrolló una cervecería, "Cerveza Atrapanieblas", cuya producción fue inicialmente alimentada por agua de un atrapanieblas cedido por la comunidad, y posteriormente por tres atrapanieblas construidos por la propia cervecería.

Peral Ojo de Agua es una comunidad de apenas una cincuentena de habitantes, situada en cerros costeros a once kilómetros del Parque Nacional Fray Jorge. Su abastecimiento de agua depende de un Comité de Agua Potable Rural que posee derechos de agua de 4 litros por segundo de una fuente subterránea, aunque la desertificación y la reducción de la napa subterránea hace que dicho caudal no siempre esté disponible. La comunidad agrícola del sector posee derechos por 0,5 litros por segundo de la misma fuente. En dicho sector se han venido desarrollando proyectos orientados a capacitar la comunidad para promover actividades de ecoturismo, con el objetivo de abrir nuevas fuentes de ingreso y desarrollar proyectos que permitan el regreso de los jóvenes, que en su mayoría migraron hacia las ciudades y los campamentos mineros (El Día, 2018). El proyecto original, financiado por el gobierno regional e implementado por la Universidad Católica del Norte y otras instituciones chilenas, se orientó entre 2015 y 2017 a generar un sistema de riego alimentado por atrapanieblas para promover la conservación de guayacanes, arbustos típicos de la región que están bajo amenaza de extinción. Un segundo proyecto, financiado por el Ministerio de Medio Ambiente y desarrollado en 2016 por un consorcio de actores institucionales, entre ellos la Municipalidad de Ovalle, el Centro de Estudio Avanzados en Zonas Áridas (CEAZA), el Observatorio Interamericano Cerro Tololo (CTIO) y varias ONGs se propuso generar un área de conservación de flora y fauna nativa.

Las diferencias entre cada experimento se hacen evidentes al compararlas (Tabla N° 5). Además de la fecha de instalación y operatividad, otras variables significativas son el número de unidades y la superficie, es decir, la escala de los proyectos, mientras que, por el contrario, el rendimiento se mantiene en rangos muy similares en todos estos experimentos.

Tabla N° 5. Atrapanieblas instalados en las comunas de La Higuera y Ovalle

Comuna	Localidad	Año instalado	Unidades	Superficie total (m ²)	Cosecha (promedio) litros/m ² /día	Estatus
La Higuera	Chungungo	1984	1	90	30	Desmantelado
		1992	70	3360	2,9	Desmantelado
Ovalle	Peña Blanca	2006	10	400	2,8	Operativo
		2006	3	45	2,8	Operativo
		2014	12	240	2,8	Operativo
	Peral Ojo de Agua	2017	1	150	3	Operativo

Fuente: elaboración propia en base a análisis documental.

Al contrastar los objetivos de los experimentos de atrapanieblas en dichas localidades (Tabla N° 6) se obtiene que los atrapanieblas se orientan a la producción de agua para muy diferentes usos: agua potable, agua para alimentación animal y agua para riego. Los beneficiarios también son diversos: comunidades rurales y costeras, equipos científicos y una cervecería, con una variación significativa de escala entre la masividad del experimento original en Chungungo y los experimentos mucho más focalizados en los casos de Peña Blanca y Peral Ojo de Agua.

Tabla N° 6. Objetivos y beneficiarios de los experimentos por localidad

Localidad	Objetivo	Entidad beneficiaria	Cantidad
Chungungo	Agua potable y riego	Equipo científico	<10
	Agua potable y riego	Caleta Chungungo	450
Peña Blanca	Re-forestación nativa	Comunidad Agrícola	206
	Producción cerveza	Cervecería	<10
	Ganadería/ agua potable	Comunidad Agrícola	60
Peral Ojo de Agua	Re-forestación nativa	Comunidad Agrícola	44

Fuente: elaboración propia en base a análisis documental.

En cuanto a la información disponible sobre la gobernanza de los experimentos (Tabla N° 7), entre los gestores e instituciones de apoyo destaca la presencia de la Universidad Católica de Chile, mientras que entre los financistas están desde organizaciones no gubernamentales hasta organismos internacionales, pasando por instituciones gubernamentales chilenas.

Tabla N° 7. Gobernanza de los experimentos por localidad

Localidad	Gestor	Apoyo	Financiado
Chungungo	Universidad Católica	Universidad Católica	Secretaría Regional de Planificación y Coordinación (SERPLAC) - Región Coquimbo
	Universidad Católica	Universidad Católica	Corporación Nacional Forestal (CONAF)/ Servicio Ambiental de Canadá
	Particular/Comunidad	Universidad Católica	Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM)/ Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD)
	Cervecería Atrapanieblas/ Comunidad	Universidad Católica	Cervecería Atrapanieblas
	Federación Nacional de Agua Potable Rural	Universidad Católica/ Massachusetts Institute of Technology (MIT)	Fundación AVINA/ Fundación Chile Sustentable
Peral Ojo de Agua	Universidad Católica	Universidad Católica del Norte	Gobierno de la Región Coquimbo

Fuente: elaboración propia en base a análisis documental.

Toda esta información sobre los casos de instalación de atrapanieblas genera un conjunto de constataciones críticas que se desarrolla a seguir.

Conclusiones

Las instalaciones de atrapanieblas en Chile se desarrollan en zonas con elevados niveles de desigualdad en el acceso a los sistemas de provisión de agua existentes, donde actividades como la minería y la agroindustria y los procesos de urbanización concentran el uso de agua disponible. Es decir, los atrapanieblas surgen mayormente en contextos de injusticia hídrica, donde aspectos como la concentración de derechos de agua o la localización urbana condicionan el acceso material al recurso hídrico. La revisión de los ejemplos muestra el carácter experimental de las iniciativas, es decir, las experiencias identificadas no están insertas institucionalmente en el marco de los sistemas existentes de provisión de agua potable privados o público-estatales, y se desarrollan combinando en diversas formas los liderazgos de agentes claves que movilizan a otras personas e instituciones para la realización de proyectos. Así como por ese carácter experimental ciertos intentos fracasan, también por lo mismo cuesta replicar y masificar los éxitos. Este proceso, que cabría denominar como de "innovación social", ha sido desde sus inicios altamente dependiente de la red específica de actores

universitarios que desarrolló las investigaciones e instalaciones originales, pero posteriormente se fueron incorporando otros actores institucionales y organizaciones sociales.

Los casos presentados sugieren que encontrar una adecuada escala territorial, entendida como un ajuste óptimo entre objetivos de la comunidad, condiciones ambientales y tecnología, subyace como el factor de mayor relevancia en el desarrollo, éxito y continuidad de los experimentos, por sobre la sofisticación técnica científica de los dispositivos. Los experimentos con dispositivos ya instalados demandan un alto componente de compromiso comunitario, sin que se reporten impactos ambientales significativos de su construcción u operación. Lo anterior, sumado a los rendimientos relativamente bajos de estos dispositivos, en comparación con soluciones como la desalinización o los camiones aljibe, hace que los atrapanieblas sean sistemas cuya generalización depende de aspectos culturales, asociados con la cuestión ambiental. Vistos en esa perspectiva, los atrapanieblas poseen gran potencial como dispositivos asociados a modos alternativos de habitar basados en principios de ecodesarrollo y sustentabilidad. Se observa, sin embargo, que los nuevos prototipos de atrapanieblas se orientan más bien a proveer soluciones de mercado a clientes individuales que desean utilizar dichos sistemas en emprendimientos productivos o de prestación de servicios mercantilizados. En ese sentido hay bastante por profundizar en las posibilidades y consecuencias políticas que puede tener el uso de atrapanieblas en el marco de un sistema de gobernanza del agua como el chileno. Aunque hasta la fecha los atrapanieblas no se plantean la transformación del régimen hídrico imperante, los experimentos han ayudado a visibilizar la escasez y, en cierta medida, la injusticia hídrica asociada con dicho régimen. Si atendemos a los enfoques de la ecología política, agua es poder. El agua se somete al poder –o más bien es sometida –mediante sistemas sociotécnicos, fluye hacia éste y lo viabiliza. Pues bien, aunque a muy pequeña escala, a la fecha los experimentos con atrapanieblas han apuntado a crear nuevos ciclos hidro-sociales autónomos de los dominantes, que se orientan no sólo al uso tradicional del agua sino a expandir un control territorial productivo o eco-turístico. Ello abre interrogantes, como, por ejemplo, si llegado el momento el poder hídrico tolerará esa modalidad de desarrollo o bien la anulará mediante mecanismos de cooptación/disciplinamiento de tipo corporativo, mercantil o institucional.

Referencias

- Bakker, Karen (2000). "Privatizing water, producing scarcity: The Yorkshire drought of 1995", Economic Geography, Vol. 76, N° 1, págs. 4-27.
- Bakker, Karen (2003), "Archipelagos and networks: urbanization and water privatization in the South", Geographical Journal, Vol. 169, N° 4, págs. 328-341.
- Bakker, Karen (2012), "Water: political, biopolitical, material", Social Studies of Science, Vol. 42, N° 4, págs. 616-623.
- Banco Central (2017), "PIB Regional IV Región 2015-2016", Disponible en: https://si3.bcentral.cl/estadisticas/Principal/informes/boletin/listado/BCO44044B_Coment.pdf. Consultado en mayo de 2019.
- Barkin, David (2003). "La gestión popular del agua: respuestas locales frente a la globalización centralizadora", Ecología política, N° 25, págs. 23-33.
- Bauer, Carl. J. ([1998] 2012). Against the Current: privatization, water markets, and the state in Chile, Cham, Suiza: Springer Science & Business Media.
- Boelens, Rutgerd, Leontien Cremers y Margreet Zwarteveen (2011). Justicia Hídrica: acumulación de agua, conflictos y acción de la sociedad civil. Lima: Instituto de Estudios Peruanos.
- Budds, Jessica (2004). "Power, nature and neoliberalism: the political ecology of water in Chile", Singapore Journal of Tropical Geography, Vol. 25, N° 3, págs. 322-342.
- Bulkeley, Harriet y Vanesa Castán Broto (2013). "Government by experiment? Global cities and the governing of climate change", Transactions of the Institute of British Geographers, Vol. 38, N° 3, págs. 361-375.
- Button, Cat (2017). "Domesticating water supplies through rainwater harvesting in Mumbai", Gender and Development, Vol. 25, N° 2, págs. 269-282.
- Calderón, Matías, Catalina Benavides, Javier Carmona, Damián Gálvez, Natalia Malebrán, Manuela Rodríguez, Denise Sinclair y José Urzúa (2016). "Gran minería y localidades agrícolas en el norte de Chile: comparación exploratoria de tres casos", Chungará (Arica), Vol. 48, N° 2, págs. 295-305.
- Caprotti, Federico y Robert Cowley (2017). "Interrogating urban experiments", Urban Geography, Vol. 38, N° 9, págs. 1441-1450.
- Castán Broto, Vanesa y Harriet Bulkeley (2013). "Maintaining climate change experiments: urban political ecology and the everyday reconfiguration of urban infrastructure", International Journal of Urban and Regional Research, Vol. 37, N° 6, págs. 1934-1948.
- Castro, José Esteban (2006). "Agua, democracia y la construcción de la ciudadanía", en Sophie Esch, Martha Delgado, Silke Helfrich, Hilda Salazar Ramírez, María Luisa Torregrosa e Iván Zúñiga Pérez-Tejada, La Gota de la Vida: hacia una gestión sustentable

y democrática del agua, Ciudad de México: Fundación Heinrich Böll Ediciones, págs. 266-287.

Cereceda, Pilar, Pedro Hernández, Jorge Leiva y Juan de Dios Rivera (Eds.) (2015). Agua de Niebla: nuevas tecnologías para el desarrollo sustentable en zonas áridas y semiáridas. Coquimbo, Chile: Corporación de Fomento (CORFO) de la Región de Coquimbo y Dirección General de Aguas (DGA).

Cereceda, Pilar (2000). "Los atrapanieblas, tecnología alternativa para el desarrollo rural", Revista Medio Ambiente y Desarrollo, Vol. XVI, N° 4, págs. 51-56.

Cereceda, Pilar (2015), "La niebla: localización geográfica y recurso hídrico", en Cereceda Pilar, Pedro Hernández, Jorge Leiva y Juan de Dios Rivera (Eds.), Agua de Niebla: nuevas tecnologías para el desarrollo sustentable en zonas áridas y semiáridas. Coquimbo, Chile: Corporación de Fomento (CORFO) de la Región de Coquimbo y Dirección General de Aguas (DGA), págs. 13-35.

Cereceda, Pilar, Robert S. Schemenauer y Ricardo Valencia (1992). "Posibilidades de abastecimiento de agua de niebla en la Región de Antofagasta, Chile", Revista de Geografía Norte Grande, N° 19, págs. 3-14.

Chile Sustentable (2018). "Cosecha de agua en Peña Blanca", Disponible en: <http://www.chilesustentable.net/tag/atrapa-nieblas/>. Consultado en diciembre de 2018.

Chini, Christopher M., James F. Canning, Kelsey L. Schreiber, Joshua M. Peschel y Ashlynn S. Stillwell (2017). "The green experiment: cities, green stormwater infrastructure, and sustainability", Sustainability, Vol. 9, N° 1, Art. 105.

Cochran, Jaquelin e Isha Ray (2009). "Equity reexamined: a study of community-based rainwater harvesting in Rajasthan, India", World Development, Vol. 37, N° 2, págs. 435-444.

Correggiari, M., Castelli, G., Bresci, E., & Salbitano, F. (2017). Fog collection and participatory approach for water management and local development: practical reflections from case studies in the Atacama drylands", en Mohamed Ouessar, Donald Gabriels, Atsushi Tsunekawa y Steven Evett (Eds.), Water and Land Security in Drylands. Response to climate change, Cham, Suiza: Springer, págs. 141-158.

Durán, Gustavo (2015). "Agua y pobreza en Santiago de Chile: morfología de la inequidad en la distribución del consumo domiciliario de agua potable", EURE (Santiago), Vol. 41, N° 124, págs. 225-246.

El Día (2018). "Con atrapanieblas buscan conservar al tradicional guayacán en la comuna de Ovalle", Diario El Día, Región Coquimbo, Chile, 29 de septiembre de 2018.

Fernandez, Daniel, Alicia Torregrosa, Peter Weiss-Penzias, Bong June Zhang, Deckard Sorensen, Robert Cohen, Gareth McKinley, Justin Kleingartner, Andrew Oliphant y Matthew Bowman (2018). "Fog water collection effectiveness: mesh intercomparisons", Aerosol and Air Quality Research, Vol. 18, N° 1, págs. 270-283

Fundación Chile (2018). Radiografía del agua Brecha y Riesgo Hídrico en Chile. Santiago: Fundación Chile. Disponible en: <https://fch.cl/wp-content/uploads/2019/05/radiografia-del-agua.pdf>. Consultado en julio de 2019.

Carter Gamberini, Virginia, Jorge Carrasco Jiménez, David Mora López y José Olguín Rubio (2016). "Captación de aguas lluvias mediante uso de tecnología de 'atrapanieblas'", en Jorge Carrasco Jiménez (Ed.) Técnicas de Captación, Acumulación y Aprovechamiento de Aguas Lluvias, Boletín INIA N° 321, Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Centro Regional Rayentué, Rengo, Chile, págs. 47-72.

Gobierno Regional de Coquimbo (2014). Plan Regional de Gobierno: 2014-2018. La Serena, Chile: Gobierno Regional de Coquimbo. Disponible en: <https://www.gorecoquimbo.cl/plan-regional-de-gobierno-2014-2018/gorecoquimbo/2015-06-17/O91841.html>. Consultado en julio de 2019.

Instituto Nacional de Estadísticas (INE), 2018. "Resultados CENSO 2017". Disponible en: resultados.censo2017.cl. Consultado en julio de 2019.

Kaïka, Maria (2004). City of Flows: modernity, nature, and the city. Londres: Routledge.

Leiva, J., y Hernández, P. (2014). "Usos de agua de niebla", en Cereceda Pilar, Pedro Hernández, Jorge Leiva y Juan de Dios Rivera (Eds.), Agua de Niebla: nuevas tecnologías para el desarrollo sustentable en zonas áridas y semiáridas. Coquimbo, Chile: Corporación de Fomento (CORFO) de la Región de Coquimbo y Dirección General de Aguas (DGA), págs. 89-110.

Linton, Jamie y Jessica Budds (2014), "The hydrosocial cycle: Defining and mobilizing a relational-dialectical approach to water", Geoforum, Vol. 57, págs. 170-180.

Lucier, Kayla y Manzoor Qadir (2018). "Gender and community mainstreaming in fog water collection systems", Water, Vol. 10, N° 10, Art. 1472.

Marca Chile (2018). "Prensa internacional conoció como se combate la sequía en Coquimbo gracias a tecnología de atrapanieblas", 29 de mayo de 2018, Santiago de Chile: Fundación Imagen de Chile. Disponible en: <http://marcachile.cl/>. Consultado en julio de 2019.

March, Hug, David Saurí y Antonio M. Rico-Amorós (2014). "The end of scarcity? water desalination as the new Cornucopia for Mediterranean Spain", Journal of Hydrology, Vol. 519, Part C, págs. 2642-2651.

Montecinos, Sonia, Pilar Cereceda y Daniela Rivera (2018). "Fog collection and its relationship with local meteorological variables in a semiarid zone in Chile", Atmósfera, Vol. 31, N° 2, págs. 143-153.

Ocampo-Fletes, Ignacio, Filemón Parra-Inzunza y Á. Ernesto Ruiz-Barbosa (2018). "Derechos al uso de agua y estrategias de apropiación en la región semiárida de Puebla, México", Agricultura, Sociedad y Desarrollo, Vol. 15, N° 1, págs. 63-83.

Qadir, Manzoor Gabriela C. Jiménez, Rebecca L. Farnum, Leslie L. Dodson y Vladimir

Smakhtin (2018). "Fog water collection: challenges beyond technology", Water, Vol. 10, N° 4, Art. 372.

Rodríguez-Labajos, Beatriz y Joan Martínez-Alier (2015). "Political ecology of water conflicts". Wiley Interdisciplinary Reviews: Water, Vol. 2, N° 5, págs. 537-558.

Rodríguez, C. y M. Henríquez (2012). "La desertificación en Chile". Santiago de Chile: Unidad de Diagnóstico Parlamentario, Departamento de Evaluación de la Ley. Cámara de Diputados de Chile.

Roman, Philippe (2017). "The São Francisco interbasin water transfer in Brazil: tribulations of a megaproject through constraints and controversy", Water Alternatives, Vol. 10, N° 2, págs. 395-419.

Salas, Sonia, Ángel Araya y Andrés Bodini (2017). "Linking science and policy on climate change: the case of Coquimbo Region, Chile", en Walter Leal Filho y Jesse M. Keenan (Eds.), Climate Change Adaptation in North America, Cham, Suiza: Springer, págs. 305-320).

Schemenauer, Robert S., y Pilar Cereceda, (1991). "Fog-water collection in arid coastal locations". Ambio, Vol. 20, N° 7, págs. 303-308.

Schot, Johan y Frank W. Geels (2008). "Strategic niche management and sustainable innovation journeys: theory, findings, research agenda, and policy", Technology Analysis and Strategic Management, Vol. 20, N° 5, págs. 537-554.

Sengers, Frans, Anna J. Wieczorek y Rob Raven (2016). "Experimenting for sustainability transitions: a systematic literature review", Technological Forecasting and Social Change, Vol. 145, págs. 153-164.

Scharnke, Moritz Robin (2010). Atrapanieblas - Fog as a Drinking Water Resource. Proyecto de Trabajo, Programa de Grado en Ingeniería Civil y Tecnología Ambiental, Hamburg University of Technology, Alemania y Centro del Desierto de Atacama, Chile.

SISS – Superintendencia de Servicios Sanitarios (2018). Informe de Gestión del Sector Sanitario 2017. Santiago de Chile: SISSE. Disponible en: www.siss.cl. Consultado en julio de 2019.

García Soler, Natalia, Timothy Moss y Ourania Papasozomenou (2018). "Rain and the city: pathways to mainstreaming rainwater harvesting in Berlin", Geoforum, Vol. 89, págs. 96-106.

Swyngedouw, Erik (2004). Social Power and the Urbanization of Water: flows of power. Oxford: Oxford University Press.

Swyngedouw, Erik (2007). "Dispossessing H2O", en Nik Heynen, James McCarthy, Scott Prudham y Paul Robbins (Eds.), Neoliberal Environments: false promises and unnatural consequences, Londres: Routledge, págs. 51-62.

Swyngedouw, Erik (2009), "The political economy and political ecology of the

hydro-social cycle”, Journal of Contemporary Water Research and Education, Vol. 14, N° 1, págs. 56-60.

Swyngedouw, Erik (2013). “Into the sea: desalination as hydro-social fix in Spain”, Annals of the Association of American Geographers, Vol. 103, N° 2, págs. 261-270.

Tabor, Joseph A. (1995). “Improving crop yields in the Sahel by means of water-harvesting”, Journal of Arid Environments, Vol. 30, N° 1, págs. 83-106.

Vergara, Gonzalo y Pilar Cereceda (2015). “Caracterización geográfica para la colecta de agua de niebla en la Región de Coquimbo”, Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/282576023>. Consultado en julio de 2019.

Tagle Zamora, Daniel, Aleida Azamar Alonso y Alex Caldera Ortega (2018). “Cosecha de agua de lluvia como alternativa para la resiliencia hídrica en León, Guanajuato: una reflexión desde la nueva cultura del agua”, Expresión Económica. Revista de Análisis, N° 40, págs. 5-24.

Zhang, Lianbin y Peng Wang (2016). “Biomimetic materials for efficient atmospheric water collection”, en Peng Wang (Ed.), Smart Materials for Advanced Environmental Applications, Londres: Royal Society of Chemistry (RSC), págs. 165-184.

Zurbruggen, Cristina (2014). “Políticas latinoamericanas en la gestión del agua: de la gobernanza neoliberal a una gobernanza pública”, Agua y Territorio, N° 3, págs. 89-99.

Artículo 3

Contribuciones socio-hídricas de los sistemas de captación de agua de lluvia en Guanajuato, México

Daniel Tagle-Zamora¹, Universidad de Guanajuato, León, Guanajuato, México

Resumen

El acceso al agua potable en el Estado de Guanajuato, México, es un tema no resuelto, especialmente en las comunidades rurales del estado alejadas de los polos de desarrollo. Frente a la estrategia del agua entubada, que implica elevados montos de inversión para garantizar el abasto a la población, la captación de agua de lluvia se ha convertido en una alternativa que pretende atender parcialmente este adeudo institucional. El presente artículo tiene por objetivo mostrar las virtudes de la captación en viviendas de las comunidades rurales que han sido beneficiadas por el gobierno del Estado. El trabajo se concentró en identificar, mediante entrevistas personales y observación no participante como técnicas de recolección de información, los usos y beneficios asociados a la captación en viviendas rurales del estado de Guanajuato. Dentro de los principales resultados, se encontró que los usuarios tienen una percepción social positiva de los sistemas de captación vinculada con los múltiples beneficios asociados a los mismos. Se concluye que es necesario ampliar la escala de dichos sistemas acompañada de información, capacitación (educación ambiental y nociones técnicas del sistema de captación) y seguimiento para consolidar entre las viviendas una práctica que ofrece beneficios sociales, ambientales y económicos..

Palabras clave: captación de agua de lluvia; beneficios; países en desarrollo; ecotecnias; Guanajuato; México desarrollo.

Recibido: mayo de 2019

Aceptado: octubre de 2019

¹ E-mail: datagle@ugto.mx .

Abstract

Access to drinking water in the State of Guanajuato, Mexico, is an unresolved issue, especially in the State's rural communities far from the centers of development. As an option to the strategy of piped water, which requires high levels of investment to guarantee the supply to the population, rainwater catchment has become an institutional alternative that intends to partially address this social debt. The objective of this article is to show the virtues of this practice in homes that have benefited with a rainwater catchment system provided by the State government. The paper is based on research that used interviews and non-participant observation for information gathering. Among the results obtained is a positive social perception linked to the multiple benefits associated with the collection systems. It is concluded that it is necessary to expand the scale of replication of said systems accompanied by information, training (environmental education and technical notions of the catchment system) and monitoring to consolidate among households a practice that offers social, environmental and economic benefits.

Keywords: rainwater; uses; developed countries; developing countries; local control; development; Guanajuato; Mexico.

Received: May 2019

Accepted: October 2019

Introducción²

Una asignatura pendiente que enfrenta México en lo que va del nuevo milenio y que afecta los objetivos del desarrollo del país tiene que ver con el acceso universal al agua potable para consumo humano, en cantidad y calidad adecuados. Este es un aspecto no cumplido, un compromiso que recae sobre las instituciones responsables de la gestión del agua, y es uno de los temas de mayor sensibilidad social y política en el país. David Barkin (2006) señalaba hace década y media que el reto institucional consistía en garantizar el acceso seguro al agua para cerca de 30 millones de mexicanos que carecían dicho servicio. Esa realidad deficitaria no se ha modificado sensiblemente, como sugieren los datos de la Encuesta Intercensal publicados en 2015, según la cual 1.7 millones de viviendas carecen del servicio de agua entubada en todo el país (INEGI, 2015). Estos datos dan evidencia estadística de que México no está cumpliendo con su compromiso adquirido con respecto a garantizar el Derecho Humano al Agua y al Saneamiento a todos sus habitantes, siendo uno de los países que aprobó la existencia de ese derecho durante la votación realizada en Naciones Unidas en julio de 2010 (ONU, 2010).

Independientemente del aspecto formal, estadístico, del adeudo institucional que se tiene con la población, debe destacarse que la provisión de agua se da en gran medida por cauces informales y alternos, desde la distribución mediante camiones tanque (*pipas*), la colecta de agua de río, la extracción de agua de pozos, la distribución de agua de red mediante mangueras comunitarias, por citar las prácticas más comunes o, como tratamos en este trabajo, la captación de agua de lluvia. Sin embargo, la asequibilidad y la calidad del agua consumida son temas sin resolverse, especialmente para los segmentos poblacionalmente más vulnerables en términos socioeconómicos.

En ese contexto, el artículo pone atención en una de las formas alternas de abastecimiento de agua que practica parte de la población rural en México: la captación de agua de lluvia. Esta práctica de acceso al agua no es ajena a la historia del país, ya que, como señalan Rojas *et al.* (2009), existe evidencia de prácticas de captación de agua de lluvia en el territorio mexicano desde hace por lo menos 3.500 años. Actualmente existe en México una gran variedad de formas de realizar esta práctica, desde las más simples, como el colocar recipientes en espacios abiertos para su llenado en época de lluvias, hasta sistemas tecnológicamente sofisticados, como los que promueve el proyecto Isla Urbana, que utiliza filtros para separar los sedimentos generados en los primeros flujos de lluvia garantizando la obtención de agua de mejor calidad para su posterior potabilización y consumo humano (Isla Urbana, 2019). En el caso de este artículo, se abordan algunos resultados de investigación sobre experiencias de captación de agua de lluvia en cinco municipios del Estado de Guanajuato, mostrando los usos y aplicaciones que se le da al agua de lluvia, los impactos identificados, las resistencias y los riesgos asociados con este recurso en las zonas rurales. También, se plantean aquellas barreras de resistencia para encaminarse hacia la adopción social de esta práctica por parte de la población.

2 El artículo se basa en resultados de investigación del proyecto "Transformación sociocultural, uso y aplicación de ecotecnias para el mejoramiento de la vivienda de las familias vulnerables de los municipios de Pénjamo, Apaseo el Alto, Tierra Blanca, Comonfort y San Felipe en el Estado de Guanajuato, México", enero de 2016 a julio de 2017, financiado por la Secretaría de Desarrollo Social y Humano de Guanajuato (SEDESHU, 2015).

El artículo se estructura de la siguiente forma. En la primera parte se muestra el estrés hídrico que enfrenta el Estado de Guanajuato, México, y el reto que esto representará para garantizar el acceso al agua potable a toda la población. La segunda parte aborda el mundo ecotecnológico y el eje de la captación de agua de lluvia como práctica para enfrentar retos sociales y ambientales en poblaciones rurales vulnerables. En este sentido, la captación de agua de lluvia representa un esquema innovador de acceso al agua potable, que tiene un impacto transversal sobre varios aspectos fundamentales en las familias rurales guanajuatenses. En la tercera parte se aborda el caso de la captación de agua de lluvia en cinco municipios del Estado de Guanajuato: Pénjamo, Apaseo el Alto, Tierra Blanca, Comonfort y San Felipe. Se abordan los usos y aplicaciones de los sistemas de captación por parte de la gente, así como los beneficios percibidos. Finalmente se presentan la discusión y las conclusiones del trabajo.

El contexto: el estrés hídrico en Guanajuato

El Estado de Guanajuato enfrenta problemas serios en materia hídrica en sus diversas cuencas. El estrés hídrico que se presenta en la mayoría de sus acuíferos utilizados con fines de abastecimiento público, agrícola, industrial y comercial muestra indicadores elevados de abatimiento junto con problemas de calidad (Tabla N° 1). La atención centrada en el abastecimiento de agua para el crecimiento económico ha relegado a un lugar secundario los temas ambientales y sociales. Confrontar adecuadamente los desafíos que presenta este estrés hídrico demanda de una nueva estructura institucional que reaccione a los retos ambientales, sociales y económicos enmarcados por un contexto de cambio climático.

Tabla N° 1. Estado de abatimiento de los acuíferos de Guanajuato, México (2015), en millones de metros cúbicos (m³).

Etiqueta del acuífero	Acuífero	Disponibilidad anual (millones de m³)
1101	Xichu-Atarjea	3.975445
1103	Ocampo	4.575785
1104	Laguna Seca	-25.349624
1106	Dr. Mora-San José Iturbide	-23.180032
1107	San Miguel De Allende	-8.528646
1108	Cuenca Alta Del Río Laja	-59.316301
1110	Silao-Romita	-120.2
1111	La Muralla	-10.877058

1113	Valle De León	-10.877058
1114	Río Turbio	-3.334583
1115	Valle De Celaya	136.863169
1116	Valle De La Cueva	4.753267
1117	Valle De Acámbaro	-47.2
1118	Salvatierra-Acámbaro	-60.613397
1119	Irapuato-Valle	-163.287091
1120	Pénjamo-Abasolo	125.518786
1121	Lago De Cuitzeo	-2.2
1122	Ciénega Prieta-Moroleón	-122.1

Fuente: CONAGUA (2015).

La Tabla N° 1 señala la disponibilidad de agua en los acuíferos de Guanajuato. De los 18 acuíferos que tiene el Estado únicamente dos presentan valores positivos en los datos de disponibilidad: el 1101, Xichu-Atarjea y el 1103, Ocampo. Los restantes 16 presentan elevados niveles de abatimiento, especialmente aquellos que se encuentran sobre el corredor industrial del Bajío guanajuatense: el 1113 Valle de León, el 1110 Silao-Romita, el 1119 Irapuato-Valle y el 1115 Valle de Celaya (Mapa N° 1).

Mapa N° 1. Acuíferos del Estado de Guanajuato



Fuente: CONAGUA (2015).

1110 Silao-Romita

El acuífero Silao-Romita presenta una severa presión hídrica como consecuencia de las fuertes demandas de agua por parte de usuarios industriales, domésticos y agrícolas. Esta presión sobre el acuífero se refleja con un déficit de 120 millones de m³ de agua al año, lo que lo posiciona como el quinto acuífero con mayor grado de sobreexplotación en el Estado de Guanajuato (CONAGUA, 2018). La vulnerabilidad del acuífero Silao-Romita obedece en mucho al modelo económico seguido para este municipio, basado en la industrialización promovida por la inversión extranjera. Dicho esquema económico ha implicado elevados requerimientos de agua para generar crecimiento económico. Durante la mayor parte del siglo XX el uso agrícola impactó seriamente a este acuífero, y en el año 2000 alcanzó un requerimiento anual de 379 millones de metros cúbicos (m³) (CEAG, 2011). Sin embargo, el fuerte cambio de uso agrícola a industrial producido en las últimas décadas ha añadido presión adicional sobre un acuífero que se encuentra en veda y que se ve violentado por el volumen de uso de agua que impone el modelo económico predominante.

1113 Valle de León

El acuífero del Valle de León también presenta una elevada presión hídrica generada por los elevados volúmenes de agua requeridos para los usos domésticos, agrícolas y productivos. La presión sobre el acuífero se refleja en un déficit de 177 millones de m³

de agua al año, que lo posicionan como el acuífero sujeto al mayor uso intensivo dentro del Estado de Guanajuato (CONAGUA, 2018). Un serio problema es el relacionado con la calidad de la información, ya que mientras para la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), el grado de sobreexplotación es de 177 millones de m³, para el Sistema de Agua Potable y Alcantarillado de León (SAPAL) la sobreexplotación es de 48 millones de m³ (SAPAL, 2019). Si bien existe una fuerte disparidad entre ambas cifras, el punto relevante es que el acuífero del Valle de León presenta sobreexplotación.

Adicional al deterioro ambiental que sufre el acuífero Irapuato-Valle, en términos del (des)balance hídrico, existe también un problema referente al de la calidad del agua por la presencia de arsénico en el acuífero. Un estudio del Consejo Técnico de Aguas de León (COTAS, 2011) mostró la presencia de arsénico en concentraciones que exceden lo permitido por la norma oficial en más de 200 pozos perforados en el acuífero.

1115 Valle de Celaya

La ciudad de Celaya se encuentra asentada sobre el acuífero Valle de Celaya, el cual presenta una fuerte presión hídrica como parte de las crecientes cantidades de agua requerida por parte de los usos industriales, domésticos y agrícolas. Esta presión sobre el acuífero se refleja en un déficit de 136 millones de m³ anuales, posicionándose como el tercer acuífero con mayor sobreexplotación en el Estado de Guanajuato (CONAGUA, 2018). Dicha presión se extiende a la Cuenca Laja-Allende, que abarca los municipios de Apaseo el Alto, Apaseo el Grande, Celaya, Comonfort, Santa Cruz de Juventino Rosas y Villagrán, incluyendo a varios de los municipios cubiertos en el estudio, y está considerada como la segunda cuenca más vulnerable del Estado (IEEG, 2012b). Los factores de presión identificados derivan del crecimiento económico y poblacional, especialmente el crecimiento en la producción agrícola, el crecimiento urbano y el rápido incremento de agua para fines industriales.

1119 Irapuato-Valle

El acuífero Irapuato-Valle presenta un déficit de 163 millones de m³, posicionándose como el segundo acuífero con mayor grado de sobreexplotación. Esta fuerte presión hídrica es resultado de los consumos del uso agrícola, así como, en menor medida de los usos domésticos e industriales. El usuario agrícola extrae el 80 por ciento del agua frente al 10 por ciento que representa el uso público del agua. Este municipio a pesar de su creciente dinámica industrial sigue teniendo en la agricultura un brazo representativo en su modelo económico.

Es en este contexto de estrés hídrico en el que se inserta el estudio. A continuación, se abordan algunas cuestiones del marco analítico utilizado.

Marco analítico

La innovación tecnológica ha tenido un papel esencial en el sistema capitalista, respaldando sólidamente su característica expansionista. El enfoque ortodoxo de la economía resalta las cualidades del capitalismo, enfatizando su búsqueda del incremento de la productividad, que ha impactado directamente en el dinamismo de este sistema económico, orientado hacia una trayectoria del crecimiento (Foley, 2003). Sin embargo, la introducción del concepto de entropía al análisis del proceso económico, formulado originalmente por Georgescu-Roegen (1971), permitió evidenciar desde el campo de la física la (in)viabilidad del crecimiento económico ilimitado en un sistema finito. La entropía, definida como una medida de desorden de la energía, reveló un proceso económico capitalista demandante de recursos de baja entropía con altos desalojos de materia y energía de alta entropía, de tal suerte que se tiene el predominio de un proceso económico con una evolución unidireccional irrevocable, desechando la idea de un sistema circular y aislado (Aguilera, 2016).

El fuerte peso de la innovación tecnológica en el sistema productivo capitalista ha generado una intensificación del extractivismo, que da soporte a un estilo de vida moderno que oculta tras de sí el proceso de degradación ambiental inherente al sistema. Si bien desde la perspectiva de la "economía verde" se podría afirmar que la innovación tecnológica mejora la eficiencia energética, tanto en el aparato productivo como en las mercancías resultantes, la realidad es que la economía verde continúa anclada a una lógica de crecimiento económico y, con ello, evidencia la imposibilidad de una desmaterialización de la economía (Latouche, 2009). Las enseñanzas de los principios de la termodinámica para el análisis económico indican que el crecimiento económico conduce a estados irreversibles del sistema natural y que la evolución unidireccional del empleo de materia y energía implican procesos de degradación ambiental. La entropía implica que la ruta de la maximización de la ganancia, con el papel fundamental de la innovación tecnológica, conduce inevitablemente al deterioro ambiental.

Las ecotecnias frente al reto socioambiental

En este contexto, las ecotecnias son planteadas como respuesta a la innovación tecnológica tradicional orientada a la acumulación de capital (Toledo, 2019). El enfoque ecotecnológico está, por el contrario, orientado a resolver necesidades sociales con empatía ambiental, retornando a un metabolismo social de tipo orgánico que diluya la dependencia directa de la estructura del mercado capitalista para encaminar procesos de autonomía (Toledo, 2015) enfocados en la integración economía-sociedad-ambiente (Aguilera, 2016)

Las ecotecnias son dispositivos, métodos y procesos que propician una relación armónica con el medio ambiente y buscan brindar beneficios sociales y económicos tangibles a sus usuarios, con referencia a un contexto socio-ecológico específico con la finalidad de satisfacer necesidades y mejorar la calidad de vida de los usuarios en condiciones de pobreza y marginación (Ortiz *et al.*, 2014: 16).

Este mundo ecotecnológico presenta una gran variedad de bienes que inciden en la calidad de vida de aquellas personas que implementan y adoptan ecotecnias en sus dinámicas cotidianas. La Tabla N° 2, da muestra del diverso menú que comprenden las ecotecnias, abordando de manera transversal las necesidades más sentidas en las viviendas de las personas.

Tabla N° 2. Variedades ecotecnológicas de acuerdo a las necesidades.

Ejes de necesidades	Tareas Específicas	Alternativa Tecnológica (Ecotecnia)
ENERGÍA	Cocción de alimentos	Estufas de leña mejoradas cocinas solares
	Conservación de alimentos	Deshidratadores solares
	Generación de electricidad	Aerogeneradores
		Paneles fotovoltaicos
		Plantas hidroeléctricas a pequeña escala
	Iluminación	Lámparas eficientes
Calentamiento de agua	Calentadores solares de agua	
AGUA	Abastecimiento y purificación de agua	Sistemas de captación y aprovechamiento de agua de lluvia
		Purificación de agua
MANEJO DE RESIDUOS	Saneamiento con arrastre hidráulico	Biofiltros
		Humedales artificiales
		Sistemas sépticos
	Saneamiento seco	Sanitarios ecológicos secos
		Mingitorios secos
Manejo de residuos pecuarios	Biodigestores	
ALIMENTACIÓN	Producción de alimentos a pequeña escala	Huertos familiares
	Control de plagas	Control biológico
	Fertilización	Biofertilizantes
VIVIENDA	Diseño y construcción de la vivienda	Principios de diseño
		Materiales de construcción
	Implementación de ecotecnias en la vivienda	Varias de las anteriores

Fuente: Ortiz, Macera y Fuentes (2014 : 28).

Dentro de los beneficios asociados al uso de ecotecnias, se encuentran mejoras en las dimensiones de salud, economía y ambiente. Entre otros componentes de impacto se identifican aportaciones frente al cambio climático, así como favorecer procesos de arraigo social (Ortiz et al., 2014). La necesidad de transformar la economía expansionista, y violenta ambientalmente (Barkin, Fuente y Tagle, 2011), con ecotecnías surge bajo la premisa de generar las pautas de restauración ambiental congruentes con la entropía.

Las ecotecnias propician el desarrollo de nuevo conocimiento mediante el acercamiento entre el saber científico y el saber ciudadano, planteando las necesidades de las comunidades para conseguir un mejor entendimiento y solución a los problemas que las aquejan. Este planteamiento incorpora características esenciales del Principio de Precaución: responsabilidad, respeto, prevención, obligación de saber informar y obligación de compartir el poder (Riechmann y Tickner, 2002), lo que les permite tener una lógica diferente a la que caracteriza al enfoque de la innovación y el desarrollo dominantes en el sistema capitalista. La Tabla N° 3 sintetiza la secuencia de los procesos de implementación de ecotecnias.

Tabla N° 3. Proceso de implementación

1. Apertura Comunitaria	2. Transferencia Tecnológica	3. Seguimiento y Evaluación
Diagnóstico de la comunidad	Talleres de instalación	Asesorías optativas
Estrategias de trabajo	Entrega de material y manuales	Visitas de seguimiento
Selección de beneficiarios	Aplicación de formatos de control	Reuniones de evaluación
Selección de comunidad		Talleres de cierre
Taller de apertura (objetivos, alcance, metas, metodología)		Evaluaciones de impacto

Fuente: IMTA(2012: 4).

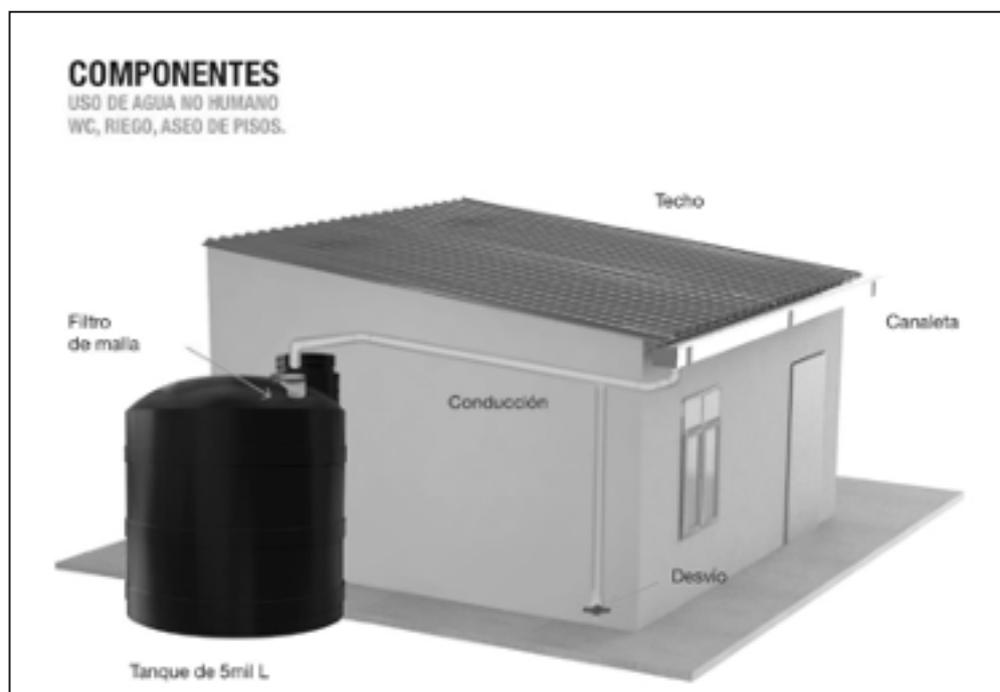
Resulta consecuente señalar que las ecotecnias no resuelven por sí solas las necesidades sociales y los problemas ambientales. Los artefactos requieren de un cuidadoso proceso de implementación que favorezca su adopción por los usuarios; pero que, además, den respuestas adecuadas a las particularidades de cada zona de intervención. Para ello es esencial la elaboración de diagnósticos (socioeconómicos); la difusión de información; así como capacitación, la cual deberá incorporar la perspectiva de género y la educación ambiental; y finalmente, un proceso de seguimiento; todo esto con la finalidad de promover el uso y mantenimiento de ecotecnias en los usuarios.

Los sistemas de captación de agua de lluvia: el eje hídrico de las ecotecnias

Las definiciones de la captación de agua de lluvia están mayormente presentes en el campo de la ingeniería, desde la hidráulica hasta la ambiental. Por ejemplo, Gleason (2014: 267) señala que “es un conjunto de tuberías, accesorios y equipos que captan y recolectan la lluvia que cae sobre una superficie para conducirla a un dispositivo de almacenamiento para su uso posterior.” Por su parte, Ortiz, Masera y Fuentes (2014: 59) la definen como “un arreglo para interceptar, almacenar y canalizar el agua de lluvia.” Como se puede apreciar, ambas definiciones están dissociadas de los diversos contextos y condiciones sociales, políticos, económicos y ambientales que motivan la captación. En el caso mexicano, la recuperación de esta práctica ancestral (Rojas *et al.*, 2009) tiene su motivación por los múltiples problemas institucionales que se presentan para garantizar de manera universal el derecho humano al agua. De igual manera, ambas definiciones al ser meramente técnicas, eluden la importancia que tiene el comportamiento social y cultural para normalizar esta práctica entre aquellos usuarios que disponen de un sistema de captación de agua de lluvia. Promover el cambio de paradigma del “tener-recibir-poseer” al “haber-saber-conservar” (Martínez, 2013: 47), este último, como parte de una naturalización que conduzca hacia el encause de procesos de autonomía hídrica dentro del planteamiento del Derecho Humano al Agua.

Con base en lo anterior, el presente documento sugiere que un sistema de captación es un proceso socio-técnico derivado de una necesidad socioambiental reconocida por el Derecho Humano al Agua), que motiva la implementación de un sistema, simple de tuberías, accesorios y equipos, para captar y almacenar el agua de lluvia que será posteriormente aplicada en distintos usos que cubrirán las distintas necesidades sociales dicha satisfacción de necesidades incentivará la adopción de su uso y mantenimiento. La Figura N° 1 ilustra los componentes de un sistema de captación.

Figura N° 1. Sistema de captación de agua de lluvia en vivienda.



Fuente: Lomnitz, Sotomayor, Vargas, Revollo y Hernández (2018: 26).

La experiencia de la captación de agua de lluvia en Guanajuato

Como explicamos al inicio, el proyecto en el que se basa este artículo (SEDESHU, 2015) abordó el análisis de múltiples tecnologías ambientales con el fin de determinar la relevancia de un programa social de ecotecnias promovido por el Gobierno del Estado de Guanajuato para enfrentar las carencias sociales y económicas en viviendas vulnerables de las comunidades rurales, tomando como referencia las experiencias de cinco municipios: Pénjamo, Apaseo el Alto, Tierra Blanca, Comonfort y San Felipe(Mapa N° 2). El trabajo de campo se realizó a partir de un abordaje metodológico mayormente cualitativo, el cual captó la percepción que los beneficiarios tienen de los artefactos ecotecnológicos, a través, de las distintas aplicaciones que les han dado y de los beneficios reportados. Los resultados reflejan el desarrollo de una percepción social positiva de las personas con respecto al impacto de dichas ecotecnias sobre su calidad de vida. De los hallazgos de dicha investigación surgen mejoras en aspectos como el

ingreso, la salud, la sustentabilidad, el uso del tiempo, las relaciones familiares, entre otros. Para el presente artículo nos acotamos a presentar exclusivamente la experiencia de los cosechadores de agua de lluvia en los municipios cubiertos en el estudio.

Mapa N° 2. Municipios de estudio en Guanajuato, México



Fuente: elaboración propia.

La práctica de la captación de agua de lluvia en el Estado de Guanajuato, México, es una práctica recurrente en las zonas rurales. Se trata de una práctica antigua que consiste en captar de manera directa el agua de lluvia con cualquier recipiente disponible, o bien, colocando estos en las bajadas de agua de las viviendas para capturar el agua. En el Estado existen asociaciones civiles que han desarrollado sistemas mucho más sofisticados para la captura de agua de lluvia para grupos vulnerables. En la última década, también se registra una creciente participación del gobierno del Estado a través de sus dependencias de Desarrollo Social y Humano y del Instituto de Ecología del Estado con la implementación de ecotecnias, las cuales contemplan sistemas de captación de agua de lluvia. Sumado a esto, el gobierno federal, a través de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), ha implementado cosechadores de agua de lluvia a nivel doméstico con cisternas de ferrocemento y tinacos rotomoldeados de polietileno. De igual forma, se han implementado proyectos de mayor escala en términos de captación de agua de lluvia, como habilitar grandes superficies para mayores niveles de captura, tal como el aprovechamiento de los techos en centros deportivos patrocinados por el sector privado.

La Tabla N° 3 sintetiza los tipos de sistemas de captación de agua de lluvia identificados en nuestro estudio.

Tabla N° 3. Descripción de los sistemas de captación de agua de lluvia en el Estado de Guanajuato, México.

Ecotecnia	Decripción
Sistema de captación mediante cisternas de ferrocemento	Cilindro de ferrocemento a base de malla electrosoldada, malla para gallinero y cemento. Por dentro tiene que ir lisa (pulida), la cisterna no debe quedarse sin agua porque puede sufrir fracturas. En la parte de arriba tiene una puerta para entrar y darle mantenimiento. A un costado se encuentra una llave de paso que sirve para sacar agua, esta debe estar a la altura de un bote. Esta cisterna se conecta con un sistema de tuberías para la captación de aguas pluviales desde los techos de los hogares. Permite captar y almacenar el agua de lluvia que cae sobre los techos. Su capacidad ronda entre los 9 mil y 12 mil litros de agua.
Sistema de captación mediante tinaco rotomoldeado de polietileno	Cilindro de un plástico especial el cual cuenta con un acceso en la parte superior y con una llave de paso en la parte de abajo para disponer del agua. Se conecta con un sistema de tuberías para la captación de aguas pluviales. Permite captar y almacenar el agua de lluvia que cae sobre los techos. Su capacidad va desde mil hasta 10 mil litros de agua.

Fuente: Tagle *et al.* (2018).

Las fotografías N° 1 a N° 8 completan la información de la Tabla N° 3 sobre Variedades de sistemas de captación de agua de lluvia identificados en el estudio.

Fotografía N° 1. Tinaco rotomoldeado de polietileno, vivienda en el municipio de Tierra Blanca



Fuente: Tagle *et al.* (2018).

Fotografía N° 2. Tinaco de ferrocemento, vivienda en el municipio de Pénjamo.



Fuente: Tagle *et al.* (2018).

Fotografías N° 3 y N° 4. Sistema de captación de agua de lluvia en vivienda, usando aljibe abierto para almacenar el agua, municipio de Tierra Blanca.



Fuente: Tagle *et al.* (2018).

Fotografía N° 5. Sistema de captación de agua de lluvia en vivienda (tinaco rotomoldeado de polietileno), en el municipio de Apaseo el Alto.



Fuente: Tagle *et al.* (2018).

Fotografía N° 6. Cisterna a cielo abierto en vivienda, municipio de Comonfort.



Fuente: Tagle *et al.* (2018).

Fotografías N° 7y 8. Sistema de cosecha de agua de lluvia comunitaria. Centro deportivo y sistema de captación de agua de lluvia en el municipio de Tierra Blanca. Sis



Fuente: Tagle *et al.* (2018).

Fuente: Tagle *et al.* (2018).

Inventario y costos de sistemas de captación de agua de lluvia en Guanajuato

Actualmente Guanajuato no cuenta con un censo ecotecnológico integral, que pudiese contribuir a realizar un análisis detallado de la cobertura de estos artefactos en viviendas en distintos territorios; no obstante, el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), en su encuesta intercensal 2015, incorporó dos ecotecnias en su conteo: a) calentadores solares y b) paneles fotovoltaicos; mostrando el interés institucional por la presencia de estos artefactos en las viviendas de los mexicanos (Álvarez y Tagle, 2019).

En conexión con esto, de acuerdo con información proporcionada por la Secretaría de Desarrollo Social y Humano del Estado de Guanajuato, como ejemplo de una de las dependencias que usan ecotecnias en sus programas, entre 2013 y 2015 se instalaron 2,901 ecotecnias en toda la entidad. Calentadores solares: 1,057; paneles fotovoltaicos: 211; baños dignos: 967; baños secos: 185; estufas ecológicas: 286 y 195 sistemas de captación de agua de lluvia, aunque la información no permite ubicar específicamente la distribución de estos artefactos por municipio.

En 2018, Lomnitz, Sotomayor, Vargas, Revollo y Hernández, por encargo del Instituto de Ecología del Gobierno de Guanajuato y por la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) de Alemania, evaluaron la aplicación de proyectos relacionados con los impactos del cambio climático en países de desarrollo y emergentes, que para el caso específico mexicano tomó como ejemplo el Estado de Guanajuato. En dicho reporte, se presenta un inventario de sistemas de captación de agua de lluvia para nueve municipios; desagregando entre sistemas instalados, evaluados, en uso y sin operar (Tabla N° 3). En total se reportan 1,263 sistemas de captación de agua de lluvia, lo que muestra el elevado esfuerzo institucional realizado para garantizar el acceso al agua en el Estado; este trabajo identificó que la tasa social de rechazo de dichos sistemas es del 34% (Lomnitz *et al.* (2018).

Tabla N° 3. Inventario de sistemas de captación de agua de lluvia en el Estado de Guanajuato.

Municipio	Sistemas instalados	Evaluados	En operación	Fuera de operación
Doctor Mora	105	5	6	4
Dolores Hidalgo	26	8	1	3
Irapuato	133	50	40	7
León	65	6	3	10
Pénjamo	88	52	38	3
Salamanca	20	8	0	12
San Diego de la Unión	117	50	28	8
San Felipe	75	67	40	21
Silao	47	5	1	26
Total	1,263	302	194	101

Fuente: Lomnitz, Sotomayor, Vargas, Revollo y Hernández (2018: 5-7).

Respecto a los costos de instalación de un sistema de captación de agua de lluvia, éstos varían de acuerdo a los arreglos de cada municipio y según el tipo de sistema de captación a instalar (tinacos de ferrocemento o rotomoldeados de polietileno). Tras realizar una serie de entrevistas con Directores de Desarrollo Social de los municipios cubiertos en el estudio obtuvimos un rango de costos de entre 17 mil y 25 mil pesos mexicanos (entre 822 y 1208 dólares de EEUU¹) para la instalación de un sistema de captación con tinaco rotomoldeado de polietileno, y de entre 12 y 15 mil pesos mexicanos (entre 580 y 725 dólares de EEUU²) para sistemas con tinacos de ferrocemento.

Usos y beneficios de la captación de agua de lluvia en Guanajuato

Uno de los retos esenciales que enfrenta la captación de agua de lluvia en Guanajuato es la carencia de un proceso de implementación que tenga como propósito la adopción social por parte de los beneficiarios de la transferencia ecotecnológica. El proceso

1A una tasa de cambio de 1 USD por 20.68 pesos mexicanos en diciembre de 2016.

2A una tasa de cambio de 1 USD por 20.68 pesos mexicanos en diciembre de 2016.

seguido por las autoridades carece de capacitación, educación ambiental y seguimiento del uso de los artefactos instalados por parte de los receptores, además de la falta de monitoreo de la información sobre el funcionamiento de los sistemas de captación. Este proceso parcial de implementación deriva en una alta tasa de rechazo por parte de los receptores, como ya fue señalado. A pesar de ello, el trabajo de campo realizado, con entrevistas y grupos focales, mostró que los poseedores de sistemas de captación le dan múltiples aplicaciones al agua de lluvia en sus viviendas.

La Tabla N° 4 sintetiza estos usos, y a partir de ello, también los diversos beneficios identificados por los beneficiarios de esta práctica ecotecnológica.

Tabla N° 4. Usos y aplicaciones del Agua de Lluvia dentro de las viviendas con sistemas de captación en los municipios de Pénjamo, Comonfort, Tierra Blanca, Apaseo el Alto y San Felipe, Estado de Guanajuato, México.

Usos y aplicaciones identificados
Agua para consumo humano
Preparación de alimentos
Higiene personal
Lavado de ropa
Limpieza del hogar
Riego de plantas
Producción de alimentos en huertos domésticos
Descarga de baños
Consumo para animales
Aseo de animales
Lavado de unidades motoras
Para humedecer el suelo y reducir el nivel de polvo en el aire

Fuente: Resultados del trabajo de campo (julio-octubre de 2016).

La Tabla N° 5, retoma los beneficios identificados por los poseedores de un sistema de captación de agua de lluvia que le fue otorgado por alguna Dirección de Desarrollo Social de su municipio. Estos beneficios son multidimensionales, mostrando las virtudes del artefacto cuando la gente le da una aplicación.

Tabla N° 5. Beneficios percibidos por los usuarios de sistemas de captación de agua de lluvia en los municipios de Pénjamo, Tierra Blanca, Apaseo el Alto, Comonfort y San Felipe, Estado de Guanajuato, México.

Dimensión	Beneficios intangibles	Beneficios tangibles
SALUD	<p>Apoya a la higiene del hogar.</p> <p>Menor estrés por el acceso al agua por parte de la mujeres y niños.</p> <p>Menor presión en mujeres adultas mayores y mujeres embarazadas.</p>	
ECONOMÍA	<p>Pagan menos por el agua al municipio o a los vendedores de agua (piperos).</p> <p>Las mujeres pueden dedicar tiempo a cuestiones productivas en las cuales reciben un ingreso.</p>	<p>El ahorro promedio obtenido variaba entre \$52 y \$150 pesos-mexicanos mensuales (entre 2.5 y 7 dólares de EEUU)³. El rango más alto correspondía al abastecimiento por vendedores de agua (carros-pipa).</p> <p>De acuerdo con el Simulador de Hipoteca Verde del Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los trabajadores (INFONAVIT), el ahorro monetario para estos municipios con un sistema de captación de 10 mil litros de agua varía entre \$25 y \$28 pesos mexicanos (entre 1.2 y 1.4 dólares de EEUU⁴) al mes .</p> <p>/Tabla N° 5 Continúa...</p>

3 A una tasa de cambio de 1 USD por 20.68 pesos mexicanos en diciembre de 2016.
4 una tasa de cambio de 1 USD por 20.68 pesos mexicanos en diciembre de 2016.

Dimensión	Beneficios intangibles	Beneficios tangibles
TIEMPO	Se reducen las visitas al río para la recolección de agua. Ya no se está a la espera de buscar la manguera de uso común. Las mujeres mayores de edad son ampliamente beneficiadas por la reducción de las cargas en tiempo.	Las mujeres entrevistadas señalaron asignar en promedio 8 a 10 horas a la semana para acarrear agua en viviendas sin ningún tipo de conexión. Para el caso de viviendas abastecidas por carros-pipa, el tiempo promedio destinado semanalmente es de 2 a 3 horas
AMBIENTE	Menor consumo de agua de río y de extracción de pozos. Mayor aprovechamiento del agua y promoción de conciencia ambiental. Menor consumo de energía eléctrica o de gasolina para bombeo de agua, y por tanto, menor contaminación	
RELACIONES FAMILIARES	Mejoran ya que las familias pueden pasar más tiempo juntos. Disminución de conflictos familiares al reducirse las responsabilidades de la búsqueda y acarreo de agua.	

Fuente: Resultados del trabajo de campo (julio-octubre de 2016).

A partir de la información proporcionada por los beneficiarios de sistemas de captación de agua de lluvia entrevistados en Guanajuato, cabe destacar que los sistemas les permiten contar con un abasto de agua regular durante el periodo de lluvias, de mayo a noviembre, para su consumo en las viviendas, evitando recurrir a las formas tradicionales de abastecimiento como son los carros-pipa, el bombeo de agua de pozo o la recolección de agua de río. En esencia, los sistemas les permiten tener cierto nivel de independencia hídrica durante los meses de lluvia y en los meses inmediatos al terminar dicho período. Esto permite que los habitantes de viviendas que no cuentan

con abasto público del agua, puedan reducir el estrés, así como la presión económica que representa la búsqueda de formas alternativas de acceso al agua. Las entrevistas también indicaron que, en algunos casos, como el del municipio de Pénjamo, el agua de lluvia era incluso aplicada para fines de consumo humano sin ningún tipo de potabilización.

Una vez concluida la temporada de lluvias, el agua almacenada en los sistemas de captación, de aproximadamente 10 a 12 mil litros, permite abastecer a una familia de 4 miembros, entre dos a tres meses posteriormente a la última lluvia, esto de acuerdo con las bitácoras y reportes de campo. Dato que se puede traducirse en que los sistemas de captación con capacidad de 12 mil litros permiten a las familias poder autoabastecerse en un rango de 6 a 9 meses por año, otorgando beneficios y ahorros para las familias que dependen de estos sistemas. En esencia, los sistemas les permiten tener cierto nivel de independencia hídrica durante los meses de lluvia y en los meses inmediatos al terminar dicho período. Esto permite que los habitantes de viviendas que no cuentan con abasto público del agua, puedan reducir el estrés, así como la presión económica que representa la búsqueda de formas alternativas de acceso al agua. Las entrevistas también indicaron que, en algunos casos, como el del municipio de Pénjamo, el agua de lluvia era incluso aplicada para fines de consumo humano sin ningún tipo de potabilización.

Ahora bien uno de los elementos preocupantes que identificamos en la estrategia gubernamental para resolver la escasez del agua en las viviendas a través de sistemas de captación de agua de lluvia es la ausencia de un diagnóstico socioeconómico que permita seleccionar con precisión las viviendas que podrían beneficiarse de la provisión de estos sistemas. Un elevado número de las viviendas visitadas en el trabajo de campo (3 de cada 10) constataron que éstas no requerían de un sistema de captación, ya que disponían de una conexión a la red pública de agua.

Conclusiones

La captación de agua de lluvia en Guanajuato, México, es una práctica cada vez más recurrente en las comunidades rurales del Estado. En esencia, el aumento en el número de sistemas de captación instalados se asocia por la participación de las distintas instancias de gobierno, a nivel estatal y federal, que sumadas a las distintas Asociaciones Civiles que se encuentran interviniendo en la región han promovido la aceptación de estos sistemas entre la gente de las comunidades rurales.

Tal como se ha señalado en otros estudios, como los de Ortiz, Maser y Fuentes(2014) y Lomnitz, Sotomayor, Vargas, Revollo y Hernández (2018), los beneficios asociados con la implementación de sistemas de captación de agua de lluvia son diversos. En el caso guanajuatense inciden positivamente en edimensiones como la salud, la economía, el uso del tiempo, el ambiente o las relaciones familiares , incluyendo cuestiones recreativas. El desarrollo de estrategias como la captación de agua de lluvia se ha vuelto atractiva para las personas que se encuentran fuera de la zona de cobertura municipal de agua potable, dado que les permite tener mayor tranquilidad en lo que respecta a su acceso al agua.

En este sentido, la investigación concluye que urge profundizar y mejorar los procesos de implementación de sistemas de captación de agua de lluvia que viene realizando el ámbito gubernamental. Para incidir en aquellas viviendas que realmente lo necesitan, se requiere de una gama de cambios sustantivos en los procesos institucionales de los distintos programas que incorporan estos sistemas de captación; desde revisar y evaluar sus programas de manera radical, para mejorar la comprensión de la lógica social de estos procesos por parte de los beneficiarios de un sistema de captación, lo que incluye aspectos fundamentales como capacitación, información y seguimiento; teniendo como punto de arranque un diagnóstico socioeconómico que permita valorar a los sujetos sociales que cumplen con las condiciones para facilitarles la dotación de estos sistemas.

Para finalizar, quiero remarcar la importancia de dar a conocer los beneficios sociales de los sistemas de captación de agua de lluvia como elemento necesario para incidir seriamente en el campo de las políticas públicas y en la expansión del acceso al agua potable para la población, no sólo en las zonas rurales sino también en las zonas urbanas, estableciendo estrategias socioambientales que garanticen el Derecho Humano al Agua con resiliencia hídrica.

Referencias

Aguilera, Federico (2016). Naturaleza Humana, Economía y Cultura. Hábitos de pensamiento y reglas de juego. Málaga: Ediciones del Genal.

Álvarez, Lorena y Daniel Tagle (2019). "Transferencia de ecotecnologías y su adopción social en localidades vulnerables: una metodología para valorar su viabilidad." Ciencia UAT 83. págs. 83-99.

Barkin, David (2006). La Gestión del Agua Urbana en México. Retos, debates y bienestar. Guadalajara: Universidad de Guadalajara.

Barkin, David (2008). "Presentación". Argumentos. Año 21. N° 56. págs. 7-15. Nueva época.

Barkin, David, Mario Fuentes y Daniel Tagle (2011). "El crecimiento económico, la crisis ambiental y el marxismo. Debates y perspectivas epistemológicas." Revista Pensar. Epistemología y Ciencias Sociales. N°6, págs. 15-30.

CONAGUA – Comisión Nacional del Agua (2018). Estadísticas del Agua en México 2018. Ciudad de México: CONAGUA.

CONAGUA – Comisión Nacional del Agua (2015), "Comisión Nacional del Agua, Acciones y Programas, Disponibilidad por Acuíferos, Guanajuato". Disponible en: <https://www.gob.mx/conagua/acciones-y-programas/guanajuato-74892>. Consultado en julio de 2019.

CEAG – Comisión Estatal del Agua de Guanajuato (2011). Diagnóstico sectorial del agua potable y saneamiento 2011 del Estado de Guanajuato. Guanajuato: CEAG. Disponible en: <http://seia.guanajuato.gob.mx/document/Diagnostico2011.pdf>. Consultado en: julio de 2019.

COTAS – Consejo Técnico de Aguas de León (2011). "Informe de los COTAS del Estado de Guanajuato". Guanajuato: COTAS. Disponible en: <http://>

cotas-guanajuato.blogspot.com/p/zona-centro.html. Consultado en julio de 2016.

Duncan, Foley (2003). Unholy Trinity: Labor, Capital and Land in the new economy. Routledge.

Georgescu-Roegen, Nicholas (1971). The Entropy Law and the Economic Process, Cambridge, MA.: Harvard University Press.

Gleason, José (2014). Sistemas de Agua Sustentables en las Ciudades. Ciudad de México: Trillas.

IEEG – Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (2008). Programa Estatal de Protección al Ambiente de Guanajuato 2007-2012. Guanajuato: IEEG. Disponible en: http://ecologia.guanajuato.gob.mx/sitio/micro/biblioteca/politica_ambiental/Programa_Estatal_de_Proteccion_al_Ambiente_Guanajuato_2007-2012.pdf. Consultado en julio de 2016.

IEEG – Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (2012a). "Informe ambiental del Estado de Guanajuato 2012". Guanajuato: IEEG. Disponible en: <http://ecologia.guanajuato.gob.mx/sitio/>. Consultado en julio de 2016.

IEEG – Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (2012b). Programa de educación y comunicación ambiental para la sustentabilidad en condiciones de cambio climático del Estado de Guanajuato. Guanajuato: IEEG. Disponible en: http://ecologia.guanajuato.gob.mx/sitio/micro/biblioteca/cambio_climatico/Programa_Estatal_de_Cambio_Climatico.pdf. Consultado en julio de 2016.

INEGI – Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2015). Encuesta Intercensal 2015. Ciudad de México: INEGI.

Isla Urbana (2019), "Lluvia para Todxs", Disponible en: <https://islaurbana.org/>. Consultado en octubre de 2019.

Latouche, Serge (2009). Pequeño Tratado del Decrecimiento Sereno. Barcelona: Icaria.

Lomnitz, Enrique, José Sotomayor, David Vargas, Daniel Revollo, y Carmen Hernández(2018). "Evaluación del programa integral de sustentabilidad comunitaria del Estado de Guanajuato, componente sistemas de captación de agua de lluvia."Guanajuato: Instituto de Ecología del Gobierno de Guanajuato y Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ).

Martínez, José Luis., (2013). Directrices, Lineamientos y Guía Metodológica para la evaluación de la adopción social de ecotecnias en localidades marginadas menores de 2,500 habitantes. Jiutepec, México: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua – Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México.

ONU – Organización de las Naciones Unidas (2010, "El derecho humano al agua y el saneamiento", Nueva York: ONU.

Ortiz, Jorge Adrián , Omar Raúl Masera, y Alfredo Fernando. Fuentes Gutiérrez (2014). La Ecotecnología en México. Unidad de Ecotecnologías, Morelia: Imagia, CIECO, UNAM.

Rivero, María Elena. (2012). "Transferencia de ecotecnias", JiutepecMorelos, México:IMTA.Disponible en:https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2017/07/Transferencia-Ecotecnias_MERB_IMTA.pdf. Consultado en: julio de 2019.

Rojas. Teresa., José Luis Martínez y Daniel Murillo (2009). Cultura Hidráulica y Simbolismo Mesoamericano del Agua en el México Prehispánico. Jiutepec Morelos, México: IMTA.

Tickner, Joel y Jorge Riechmann (coords.) (2002). El Principio de Precaución en medio ambiente y salud pública: de las definiciones a la práctica. Barcelona: Icaria.

SAPAL – Sistema de Agua Potable y Alcantarillado de León (2019), "Acuífero del Valle de León". León, Guanajuato: SAPAL. Disponible en: <https://www.sapal.gob.mx/servicios/aguapotable>. Consultado en julio de 2019.

SEDESHU – Secretaría de Desarrollo Social y Humano del Estado de Guanajuato (2015). "Términos de referencia: 'Transformación sociocultural, uso y aplicación de ecotecnias para el mejoramiento de la vivienda de las familias vulnerables de los municipios de Pénjamo, Apaseo el Alto, Tierra Blanca, Comonfort y San Felipe en el Estado de Guanajuato, México'", Guanajuato: Gobierno del Estado de Guanajuato.

Tagle, Daniel, Caldera, Alex y Juan Antonio Rodríguez (2017): "Complejidad ambiental en el bajío mexicano: implicaciones del proyecto civilizatorio vinculado al crecimiento económico." Región y Sociedad N° 68, págs. 193-221.

Tagle, Daniel, Carmen Álvarez y Alex Caldera (2018). La cosecha de agua de Lluvia en Guanajuato, México: usos, impactos y resistencias. En Daniel Tagle y Jacobo. Herrera (coordinadores). Análisis Multidimensional en la Implementación de ecotecnias. Reflexiones teórico-prácticas. Ciudad de México: Fontamara, págs.99-105.

Toledo, Víctor (2015). "¿De qué hablamos cuando hablamos de sustentabilidad? Una propuesta ecológico política." Interdisciplina Vol. 3, N°7. págs. 35-55.

Toledo, Víctor (2019). Los Civilizacionarios. Repensar la modernidad desde la ecología política. Ciudad de México: UNAM.

Artigo 4

Aproveitamento de água da chuva no Sertão Paraibano: oportunidades y retos

*Roberto de Sousa Miranda*¹, Universidade Federal do Agreste de Pernambuco e Universidade Federal de Campina Grande, Brasil.

*Laiany Tássila Ferreira*², Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil.

Resumo

O objetivo deste artigo é problematizar o uso da água da chuva pelos agricultores familiares do Sertão paraibano (Estado de Paraíba) e, por conseguinte, dos programas governamentais para este fim, mediante a adoção de uma perspectiva crítica e orientada pela ecologia política, referencial teórico-analítico que parte da ideia de que a apropriação dos recursos naturais é organizada por relações sociais (de poder) que pressionam o meio ambiente e que são as causas da exclusão social. A metodologia se pautou em pesquisa bibliográfica, documental e na realização de entrevistas. Os resultados mostraram que: o armazenamento da água da chuva em cisternas não garantiu autonomia às famílias; as políticas públicas contribuíram para uma discreta modificação das relações políticas; e não houve redução das desigualdades de acesso à água.

Palabras clave: agricultura familiar; água da Chuva; cisternas. ecologia política.

Recibido: maio de 2020

Aceito: novembro de 2020

Abstract

The objective of this article is to discuss the use of rainwater by family farmers in the

¹ E-mail: robertosmiranda@ufape.edu.br.

² E-mail: laianyfassila@hotmail.com.

Sertão of the State of Paraíba, Brazil, and, in this connection, government programs adopted for this purpose. The article adopts a critical perspective oriented by a political ecological approach, a theoretical-analytical framework that claims that the appropriation of natural resources is organized by power social relations, which puts pressure on the environment and is the cause of social exclusion. The methodology was based on bibliographic and documentary research, and interviews. The results showed that the collection and storage of rainwater in cisterns did not guarantee autonomy to the families, and that although public policies contributed to a slight modification of political relations, there was no reduction in inequalities in the access to water. The use of rainwater, a common practice in many civilizations, 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, fostering decentralized governance and control of water resources.

Keywords: family Agriculture; rainwater; cisterns; political ecology.

Received: May 2020

Accepted: November 2020

Introdução

O jornal Folha de São Paulo publicou no dia 10 de novembro de 2002: “Soluções simples como a construção de cisternas – um reservatório para acumular água da chuva – ajudariam a amenizar o sofrimento de famílias do semi-árido do nordestino” (FOLHA DE SÃO PAULO, (2002). A notícia se fundamentava em experiências de construção de cisternas pela organização Articulação do Semiárido Brasileiro (ASA), que precederam a criação do Programa Um Milhão de Cisternas (PIMC) pelo Governo Federal em 2003. Em 2006, ano de eleições presidenciais, o jornal O Globo publicou: “A solução para a seca no sertão ‘cai do céu’” (Lins, 2006, p. 13). As duas matérias ilustram bem o modo como o armazenamento das águas da chuva estava sendo tratado enquanto solução para as secas no Semiárido nordestino em Brasil (ver Mapa N° 1).

O debate acadêmico e político sobre “as secas”, a partir dos anos 2000, teve como pano de fundo disputas entre dois paradigmas: o de “combate às secas”, orientado pelas soluções hidráulicas, ou seja, construção de grandes reservatórios; e o de “convivência com o semiárido”, pautado na adoção de tecnologias sociais de armazenamento de água e adaptação às condições edafoclimáticas. Os defensores do paradigma da convivência, para se legitimarem, trouxeram um elemento importante, o custo – baixo se comparado com a construção de um açude – de construção de cisternas de placa³ (ver ilustrações nas próximas páginas) para atender as famílias, e o fato da água armazenada ficar ao lado da casa.

As cisternas de placa não são a única tecnologia social de armazenamento de água⁴ e de convivência com o Semiárido brasileiro, além delas existem outras, como: barragens subterrâneas, barreiros⁵, cisternas-calçadão, tanques de pedra, entre outras. Contudo, a que mais chama a atenção, pela transformação que vem causando na vida de milhares de famílias, é a de cisterna de placas para captação de água de chuva para consumo humano, que passou a ser mais difundida pela ação do PIMC, executado pela ASA, em parceria com o governo federal e a Federação Brasileira dos Bancos (FEBRABAN) (Silva; Heller; Carneiro, 2012; Santos; Ceballos; Sousa, 2013).

A convivência com o Semiárido é um paradigma que se difere do paradigma de combate à seca, especialmente pela gestão, uma vez que não é o Estado que orienta as políticas públicas, mas as organizações da sociedade civil, como a ASA, que coordenam a formulação dessas políticas (Pontes, 2010), mediante processos de educação (educação do campo ou educação formal), treinamento e capacitação. Tais processos apresentam uma contradição: de um lado, destaca-se a existência de um saber desenvolvido ao longo do tempo pelas populações e que permite a convivência, e, de outro, defende-se a preparação da população para a convivência (Cunha; Paulino,

3 O custo para a construção de uma cisterna, financiado pela Companhia de Desenvolvimento dos Vales dos rios São Francisco e Parnaíba (era de aproximadamente 4.680,22 reais (aproximadamente 836 dólares de EEUU em outubro de 2020). No processo de construção a escavação e a alimentação do pedreiro é de responsabilidade da família beneficiária, como contrapartida.

4 Uma das principais dificuldades para a captação de água da chuva em muitos países do mundo é a falta de regulamentação e a aceitação pública. Apesar disso, no Brasil, a água da chuva é aceitável para o uso na higiene pessoal, 84% da população é favorável (Serdl; Carvalho; Nascimento, 2010).

5 São pequenos reservatórios, subterrâneos e superficiais, de água.

2014).

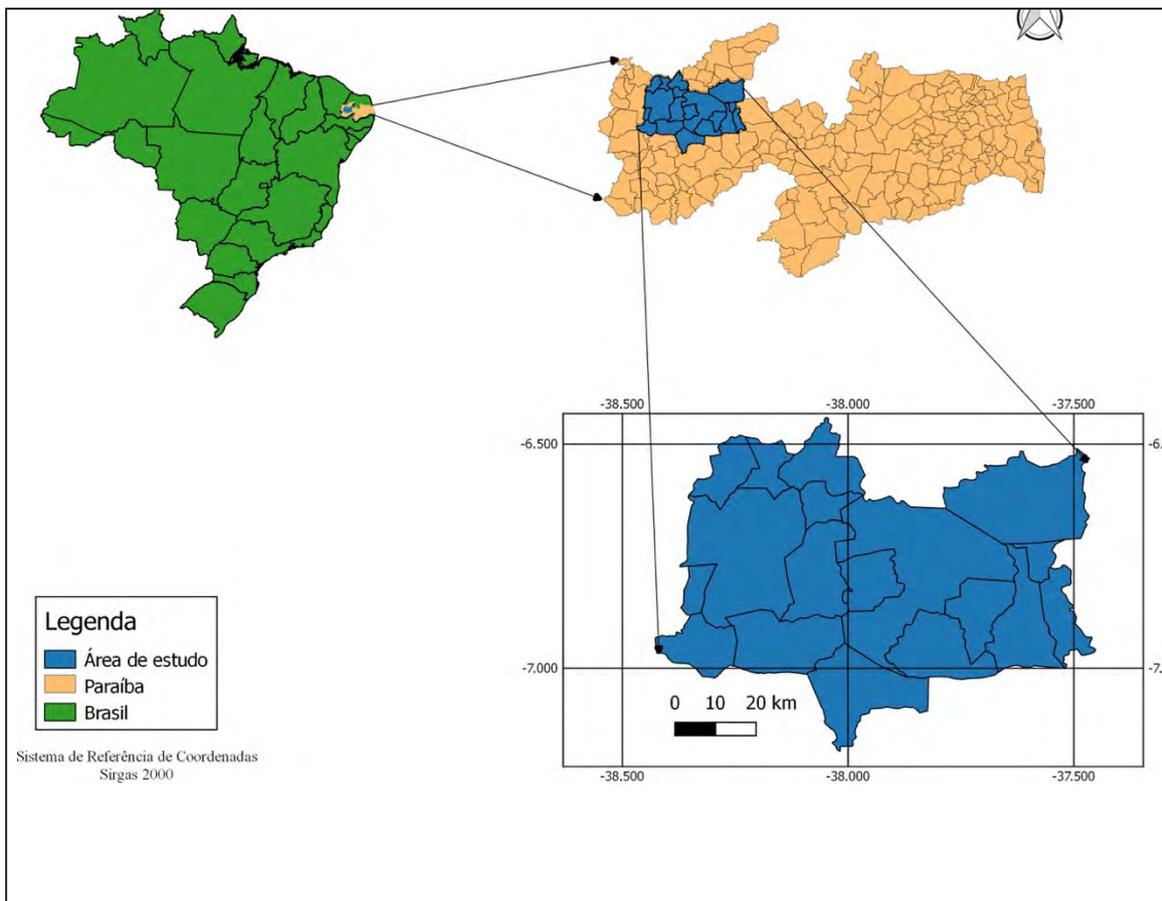
A associação entre sustentabilidade e convivência com o semiárido é, assim, o alicerce do paradigma da convivência, cabendo aos formuladores de projetos e programas desenvolverem estratégias produtivas que se harmonizem com o meio ambiente do semiárido ou se adequem às alternativas produtivas agroecológicas. Desta maneira, o paradigma da convivência e suas premissas conservantistas representam escolhas, ações e políticas públicas para conviver com o semiárido, que, implícita ou explicitamente, consideram os grupos beneficiados (agricultores familiares) de maneira excepcional, devendo, portanto, serem tratados diferenciadamente (Cunha; Paulino, 2014).

A ideia de adaptação – central para a ecologia humana e para a antropologia ecológica – exerce forte influência sobre o paradigma de convivência com o semiárido (Cunha; Paulino, 2014). Para os defensores da adaptação, a cultura é um produto da natureza e está regida por suas próprias leis. Desta maneira, a cultura seria formada por uma série de adaptações ao ambiente que desenvolveria um processo equivalente ao de seleção natural. Contudo, para se superar os conflitos em torno da mediação entre seres humanos e seu ambiente, é necessário abandonar a noção de cultura como um sistema de adaptação ao ambiente (Durand, 2002).

É, portanto, em um contexto de problematização do uso da água da chuva e, conseqüentemente, dos programas governamentais voltados para este fim, que se inserem os objetivos do presente artigo, articulados à ecologia política, como referencial teórico-analítico. Para sistematizar e organizar as análises, três questões nortearão o texto: (a) a construção de cisternas de placa garantiu autonomia às famílias beneficiárias, rompendo com o clientelismo? (b) as políticas públicas descentralizadas e inclusivas para garantirem acesso à água contribuíram para a modificação das relações políticas no semiárido nordestino? e (c) houve redução das desigualdades, estruturais e históricas, de acesso à água?

A metodologia partiu de uma pesquisa bibliográfica para contextualizar os dois paradigmas: uma pesquisa documental junto à ASA, para analisar os números de execução do Programa Um Milhão de Cisternas (PIMC), entre 2001 e 2016; e uma pesquisa qualitativa, com a realização de 23 entrevistas com agricultores familiares do Sertão paraibano (ver Mapa N° 1), localizados nos municípios de Aparecida (3), Cajazeirinhas (4), Coremas (4), Nazarezinho (3), Paulista (3), Pombal (4) e Sousa (4), para saber se possuíam cisternas, e, em caso afirmativo, o que faziam quando acabava a água da cisterna e se eram beneficiados com o abastecimento de água de carros-pipa.

Mapa N° 1. Localização da área de estudo



Fonte: Elaboração própria.

O artigo está organizado em quatro partes. Na primeira, foi feito um debate sobre a ecologia política, especialmente sobre a modificação da gestão e a escassez de água ou escassez hídrica, conceitos centrais para se avaliar as ações governamentais. Na segunda, é possível acompanhar um histórico das secas no Nordeste de Brasil e as estratégias de combate adotadas. Na terceira, é apresentada a análise do paradigma de convivência com o Semiárido e programas governamentais. Por fim, há uma problematização das estratégias de armazenamento de água no Sertão paraibano.

Ecologia política e a ideia de escassez da água

Entre a diversidade de temas tratados, pela ecologia política queremos destacar aqui quatro temas: a ideia de que a utilização dos recursos naturais é organizada por relações sociais que pressionam o meio ambiente; o reconhecimento da pluralidade de posições, interesses e racionalidades sobre o ambiente, de modo que o lucro de uma pessoa pode representar a pobreza de outra; a ideia de uma conexão global através da qual os processos políticos e econômicos externos estruturam e sejam influenciados pelas questões locais; e a defesa de que a degradação da terra é um resultado e uma causa da exclusão social (Gezon; Paulson, 2004).

A crescente importância das questões ambientais nas lutas sociais e nas pesquisas que enfatizam amplamente as diferentes relações entre grupos humanos e seus ambientes biofísicos motivaram sérias reflexões sobre os conceitos e métodos da ecologia política. Alguns ecologistas políticos têm procurado olhar para além da comunidade local, para explicar o acesso e uso de recursos naturais, as práticas de grupos sociais diferenciados pela raça, etnia ou gênero e suas interações cotidianas nos espaços políticos formais (Gezon; Paulson, 2004; Cunha, 2004).

Embora a análise das dinâmicas locais seja indispensável, é preciso introduzir o conceito de poder para se apreender os conflitos referentes à apropriação e uso de recursos naturais, e as mudanças ambientais desencadeadas. Nesse sentido, o estudo das relações entre sociedades e naturezas não pode ser apenas de reflexões particulares e românticas, como o fazem os ecologistas normativos (Görg; Brand, 2000; Gari, 2000; Belmonte, 2004), mas uma reflexão que trate o poder enquanto mediador dessas complexas relações (Alimonda, 2007).

Ao enfatizar os processos decisórios e o contexto social e econômico que moldam políticas e práticas ambientais, a ecologia política se detém à distribuição e controle dos recursos naturais. Em termos metodológicos, faz-se um mapeamento das fontes de oposição política aos projetos de apropriação dos recursos naturais, que parte do pressuposto de que os recursos naturais são construídos pela dinâmica de circulação de poder entre os diferentes grupos sociais (Cunha, 2004; Miranda, 2013).

Por seu turno, a ecologia política da água, marcada pelo uso de abordagens multidisciplinares e de múltiplas escalas (Lu; Ocampo-Raeder; Crow, 2014), problematiza a distribuição da água e grandes projetos, como os apresentados pela Organização das Nações Unidas (ONU) em seus relatórios: o World Water Development Report, de 2006, que estabeleceu o conceito de governança da água, estruturado a partir da atuação de agências nacionais e internacionais, e do setor privado; e o Millenium Development Goals, de 2008, que propôs a redução do número de pessoas sem acesso à água e a melhoria da qualidade dos serviços até 2015 (Loftus, 2009).

Os ecologistas políticos analisam a infraestrutura de abastecimento de água para compreenderem as ações que procuram tornar mais eficiente o uso doméstico desta, como as lavadoras de louças e de roupas mais econômicas; os processos de dessalinização; o abastecimento descentralizado; o saneamento ecológico; os hábitos de higiene que contribuíram para a formação de novas maneiras de se relacionar com a água (Bell, 2015); e a coleta de água da chuva e seu respectivo armazenamento em baldes, tambores e cisternas, para diminuir o poder do Estado e das empresas privadas

na gestão desse recurso natural (Meehan, 2013).

A privatização dos serviços de abastecimento está relacionada ao conceito de governança da água e de governança ambiental, que envolve atores, instituições e mecanismos, para além do Estado, em busca de objetivos comuns, e abriu caminho para a inserção de empresas privadas e Organizações Não Governamentais (ONGs). A neoliberalização das estratégias de gestão da água urbana representa novas oportunidades de controle sobre os recursos naturais e afeta direitos básicos, como o acesso à rede de abastecimento e ao saneamento, visto que a privatização restringe o acesso das pessoas à água (Finewood; Holifield, 2015).

O processo de privatização da água não envolve necessariamente a desregulamentação, mas sim um processo de re-regulação seletiva. Para aprofundar a questão, é necessário uma maior precisão analítica em relação ao termo “re-regulação de recursos”, que normalmente envolve três processos inter-relacionados: (1) a privatização, que implica uma mudança de propriedade, ou uma transferência de gestão do setor público para o privado; (2) a comercialização, que envolve mudanças nas práticas de gerenciamento de recursos e a introdução de princípios, métodos e objetivos comerciais; e (3) a comodificação, que representa a criação de um bem econômico, mediante a padronização de bens ou serviços, permitindo que sejam vendidos a um preço determinado pelo mercado (Bakker, 2007).

As barragens e as transferências de águas entre bacias hidrográficas foram e ainda são as principais estratégias adotadas para enfrentar a crescente demanda de água em regiões agrícolas e centros urbanos em todo o mundo. Contudo, este modelo tem sido motivo de grandes contestações sociais, mundo a fora, porque degradam o meio ambiente, deslocam populações e criam problemas econômicos e financeiros. A maior parte dos grupos sociais que lutam contra esse modelo é formada por camponeses e indígenas que tentam conservar o meio ambiente enquanto suas fontes de sustento (Domènech; March; Saurí, 2013).

A escassez de água, desta maneira, é, muitas vezes, referida como um problema natural, causado pelas mudanças climáticas, e não como uma construção social, um problema causado pelas relações de poder (Zwarteveenab; Boelens, 2014; Azawana, 2018). A construção do conceito de escassez hídrica apresenta duas questões que muitas vezes são desconsideradas: (1) uma limitação nas informações dadas pelas empresas responsáveis pelo abastecimento, o volume dos reservatórios, assim como dias e horários de racionamento; e (2) uma crítica ao modelo de gestão dos recursos hídricos, cujo histórico é de baixa participação popular na formulação de políticas públicas.

Secas no Nordeste de Brasil e estratégias de combate

Historicamente, os habitantes do Nordeste brasileiro vivenciaram grandes secas: 1723-1727, 1776-1778, 1877-1879, 1919-1921, 1934-1936, 1963-1964, 1979-1985, 1997-1999, 2001, 2007-2008. A seca de 1919-1921, por exemplo, foi a responsável pela divulgação do Nordeste enquanto região que enfrentava uma situação de calamidade (Santos,

2016). Diante desse cenário, a imprensa e a opinião pública pressionaram a atuação do governo federal para resolver o drama das famílias. A resposta do Estado foi a criação, em 1920, da Caixa Especial de Obras de Irrigação de Terras Cultiváveis do Nordeste Brasileiro, contando com 2% do orçamento da União e, posteriormente, 4%, em 1923, para tentar mitigar os impactos causados pela seca (Diniz, 2009).

As políticas de enfrentamento das secas no Nordeste podem ser periodizadas de diferentes maneiras, duas delas são destacadas aqui. A primeira, de Magalhães e Glantz (1992), apresenta as fases: (a) de estudos (1877-1906), quando comissões de estudos propuseram soluções; (b) de engenharia de recursos hídricos (1906-1945), marcada pela construção de açudes; (c) ecológica (1945-1950), em que se desenvolve uma agricultura adaptada à região; (d) de desenvolvimento econômico (1950-1970), quando foram criadas a Companhia Hidrelétrica do São Francisco (Chesf), o Banco do Nordeste do Brasil (BNB) e a Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (Sudene); (e) de desenvolvimento socioeconômico, correspondente ao período em que se estabelece a erradicação da pobreza como prioridade; e (f) de desenvolvimento sustentável, iniciada nos anos 1990.

A segunda, elaborada por Campos (2014), apresenta algumas diferenças: (a) confronto com as secas (1583-1848), período em que a sociedade e o governo tomam conhecimento do problema; (b) a busca do conhecimento (1849-1877), em 1859 o Imperador Pedro II nomeia uma comissão de engenheiros e naturalistas brasileiros para explorar as províncias menos conhecidas; (c) a hidráulica (1877-1958), quando, sob o impacto da grande seca de 1877-1879, foi criada, em 1909, a Inspeção de Obras Contra as Secas (IOCS), período que predomina a construção de reservatórios médios e pequenos; (d) a política do desenvolvimento em bases regionais (1959-1991), cujo período é marcado pelo fortalecimento institucional e pela redemocratização; e (e) o gerenciamento das águas e as políticas sociais (1992- até os dias atuais), que tem como marco a ECO Rio-1992, quando foi formulada a Agenda 21, para, entre outros temas, combater a pobreza.

Pode-se observar que a primeira periodização é mais técnica e a segunda é fruto de uma abordagem mais crítica. De um lado, a história das políticas públicas é importante para se observar como a criação da IOCS "institucionalizou o combate às secas" e marcou o surgimento do paradigma de combate às secas (Pontes, 2010), que orientou as ações governamentais até meados dos anos 1990. Por outro lado, mostram: (a) o poder político das oligarquias, (b) as disputas entre a Sudene e as oligarquias regionais para formular e implementar um projeto desenvolvimentista, (c) o Estado autoritário e conservador, e (d), a partir dos anos 1990, a participação da sociedade civil (Santos, 2012).

A ecologia política proposta por Gezon, Paulson (2004), Cunha (2004), Miranda (2013), Zwartveenab e Boelens (2014) e Azawana (2018), permite a análise da centralidade dos processos decisórios, uma das marcas do paradigma de combate à seca, e das desigualdades sociais históricas no Semiárido nordestino, em que os pobres foram os mais afetados pela falta de água. Nas áreas urbanas, as famílias ricas tinham grandes reservatórios, podendo abastecê-los durante os dias em que se tinha água na torneira; as famílias pobres, muitas delas, nem possuíam caixa. Na zona rural, a situação sempre foi mais grave, os açudes eram construídos nas grandes propriedades, deixando os pobres do campo à mercê de favores de grandes proprietários para terem acesso à

água.

A participação da sociedade civil e, conseqüentemente, o início da mudança de paradigma teve uma parcela de contribuição da Organização das Nações Unidas (ONU) – o que demonstra uma articulação entre o global e o regional na formulação de programa e políticas públicas –, que formulou um Comitê de Negociação Intergovernamental (CIND) para organizar, em junho de 1994, a Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação (CNUCD) nos países afetados pela seca e pela desertificação. No Brasil, a organização das discussões preparatórias para a CNCD foi realizada pela Fundação Grupo Esquel do Brasil. Em virtude da baixa mobilização governamental, a Esquel incluiu os debates que aconteciam no âmbito da sociedade civil⁶ (Ferreira, 2003).

A convivência com a seca e os programas governamentais

Olhares críticos para o semiárido são lançados a partir dos anos 1980. No ano de 1982, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), divulgou o documento em que apresentava sistemas agrícolas que assegurassem a convivência do homem com a seca (Silva, 2003). A convivência com o semiárido, portanto, possui origem em três questões principais: (a) o paradigma de combate às secas estava em crise e não tinha a adesão de sociedade civil e da academia; (b) a inserção das questões ambientais e sociais no debate sobre o desenvolvimento colaboraram para a renovação das soluções para os problemas causados pelas secas; (c) por fim, a ideia de sustentabilidade se colocava como chave no debate sobre o semiárido (Silva, 2007). O que, por sua vez, se opunha às ações estatais que enfatizavam a construção de açudes, políticas emergenciais assistencialistas, a apropriação privada dos investimentos públicos e, conseqüentemente, o controle do acesso à água e à terra (Assis, 2012).

Na década de 1990, o Brasil vivenciou um fortalecimento da sociedade civil, com o surgimento de Organizações Não-Governamentais (ONGs) e movimentos sociais (Santos, 2016). Há uma concordância, aqui, com a constatação, mas não se desconsidera que o Estado brasileiro pouco formulou e executou políticas públicas para os grupos sociais menos favorecidos. É nesse contexto de organização e fortalecimento da sociedade civil – regulamentação dos conselhos municipais, estaduais e federais, previstos na constituição de 1988 – e “ausência” do Estado que se gesta a Articulação do Semiárido Brasileiro (ASA)⁷, tendo como marcos históricos a ocupação da Sudene, em 1993, e, especialmente, a 3ª Conferência das Partes da Convenção de Combate à Desertificação e à Seca (COP3) da ONU, realizada em Recife, que lança a Declaração do Semiárido Brasileiro (ASA, 2018).

O surgimento da ASA marca uma mudança de paradigma, o abandono do combate

⁶ A sociedade civil do Nordeste começa a discutir a desertificação a partir de 1993, devido à seca de 1992-1993, e sua organização estava ligada a duas forças: (1) a ala progressista da Igreja Católica e (2) o movimento sindical dos trabalhadores rurais (Ferreira, 2003).

⁷ A ASA atua nos 10 estados que formam o Semiárido brasileiro: Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Minas Gerais (único que não faz parte do Nordeste), Paraíba, Pernambuco, Piauí e Sergipe.

à seca para a adoção de estratégias de convivência com a seca. O processo, como será possível observar, foi marcado pelo alinhamento e pela tensão com o Estado (Santos, 2016). O alinhamento tem início quando a ASA envia uma carta ao ex Presidente Lula da Silva para apresentar o PIMC⁸ e logo se forma uma parceria com o Governo Federal e a FEBRABAN, no segundo semestre de 2003 (Diniz, 2007; Diniz; Piraux, 2011). As tensões emergem no momento em que os recursos necessários para o cumprimento das metas do PIMC não foram liberados. Houve muitas suspensões de repasses por decisões do Tribunal de Contas da União (TCU), que contestava o modelo de contratação adotado pelas entidades locais. Entre 2003 e 2010, o arcabouço jurídico foi um gargalo para o programa (Mortara, 2017).

O PIMC é norteado pela gestão compartilhada, parcerias (governos, empresas, ONG's), descentralização, participação, mobilização social, educação-social, direito social, desenvolvimento sustentável, fortalecimento social e emancipação (Diniz, 2007; Diniz; Piraux, 2011; Silva; Reis, 2021). A operacionalização do programa, por seu turno, era de competência do Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome (MDS), a partir da Secretaria de Segurança Alimentar e Nutricional (Mortara, 2017), da Organização da Sociedade Civil de Interesse Público (OSCIP), e da Associação Programa Um Milhão de Cisternas (APIMC)⁹, que formalizava os convênios com os órgãos governamentais (Ferreira, 2003).

O MDS construiu um arranjo institucional que dificultava a APIMC de implementar o PIMC, em 2007, em virtude dos interesses dos governadores pelo programa, na verdade pelos seus impactos eleitorais. A pressão dos políticos locais não modificou a estrutura gerencial do PIMC, mas contribuiu para uma ressignificação do clientelismo, por dois motivos: (a) a necessidade de assessores e mobilizadores sociais para mediar a implantação das cisternas (Silva et al., 2014) e (b) 16 mil litros de água armazenados (ver Fotografias N° 1 a 4), durante as chuvas, nas cisternas, não garantem o abastecimento durante todo o período de estiagem, sendo necessário o abastecimento das mesmas por “padrinhos políticos” (Eiró; Lindoso, 2015) ou pelo Programa Emergencial de Distribuição de Água (Operação Carro-Pipa) – parceria entre o Ministério da Integração Nacional e o Ministério da Defesa. Associado a isto, destaca-se a manutenção de um problema antigo: o acesso à água de boa qualidade (Silva et al., 2014; Eiró; Lindoso, 2015).

8 Antes do início do Governo do ex Presidente Lula da Silva em 2003, o PIMC passou por duas experiências: uma em parceria com o Ministério do Meio Ambiente (MMA), em 2000, que mobilizou e capacitou 500 famílias; e outra com a Agência Nacional de Águas (ANA), em 2001, para a construção de 12.400 cisternas até julho de 2003 (Diniz, 2007).

9 A ASA criou 64 Unidades Gestoras Microrregionais (UGMs) para serem responsáveis pelo programa nos municípios do Semiárido (Ferreira, 2003).

Fotografias No. 1 a 4 – Cisternas no Semiárido nordestino

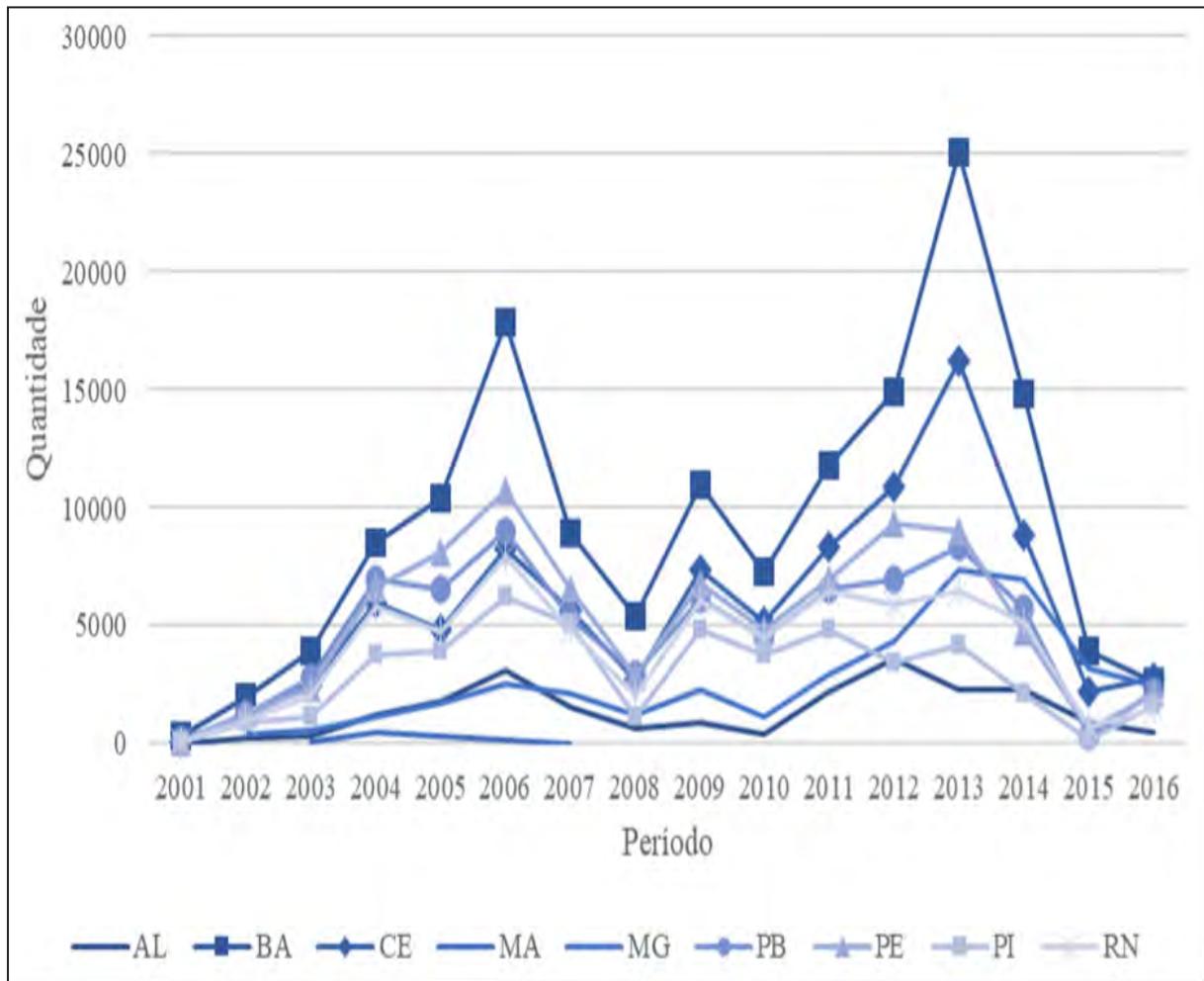


Fonte: Elaboração própria.

Apesar das limitações apresentadas acima, as cisternas de placa são tecnologias sociais, baratas e replicáveis, e ilustram bem como a sociedade civil organizada pode executar uma política pública (Assis, 2011; Silva; Reis, 2021)). Além disso, os avanços do PIMC, quando comparado com outros programas de abastecimento de água associados ao paradigma de combate às secas, são expressivos (Eiró; Lindoso, 2015). Talvez, o maior benefício das cisternas de placa seja o acesso à água para agricultores familiares que vivem afastados dos aglomerados comunitários (Andrade; Nunes, 2014), e, por conseguinte, longe das redes de abastecimento geridas coletivamente, poços com dessalinizadores e/ou rede de abastecimento pública.

Uma análise, entre 2001 e 2016, mostra que o PIMC construiu 594.509 cisternas de placa, que atenderam o mesmo número de famílias nos estados de Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Minas Gerais, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande Norte e Sergipe. O Gráfico 1 mostra que o PIMC, no início, tinha números baixos, porque faltava dinheiro, e que, depois da parceria da ASA com o governo federal e a FEBRABAN, em 2003, há um crescimento, em 2006, e algumas oscilações, tendo o seu ápice em 2013. O crescimento do PIMC, em 2013, pode estar relacionado às eleições de 2014, porque os candidatos que buscavam a reeleição usaram o programa para amealhar mais votos.

Gráfico N°1 – Número de cisternas de placa construídas pelo PIMC no Semiárido



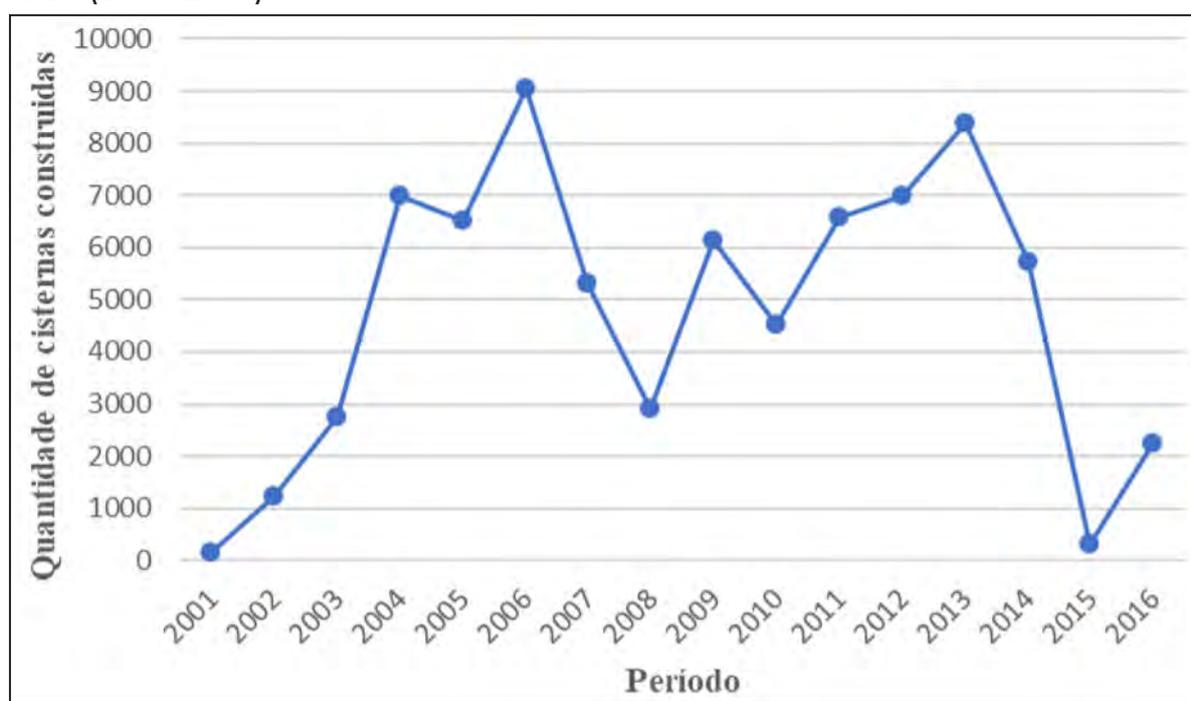
Fonte: Elaboração própria.

Na primeira metade do século XX, as obras contra a seca se concentraram nos estados do Ceará, Rio Grande do Norte e Piauí (Dandaro; Marcondes, 2018). Por seu turno, a Bahia foi o estado com o maior número de famílias beneficiadas pelo PIMC, um total de 148.550 cisternas foram construídas em 15 anos. A expressividade dos números na Bahia é fruto da existência de uma rede de sindicatos e movimentos sociais articulados, que se mobilizou para a formulação e execução de políticas para os grupos sociais historicamente desfavorecidos (agricultores familiares, índios, remanescentes quilombolas e trabalhadores rurais sem terra)¹⁰.

¹⁰ O governador baiano Jacques Wagner (Partido dos Trabalhadores) utilizou os Territórios da Identidade,

No Estado da Paraíba, o número de famílias beneficiadas no mesmo período é relativamente menor, 75.708 (ver Gráfico N° 2), mas transformou, positivamente, muitas vidas, como será visto no tópico seguinte. A comparação entre os gastos com obras no século XX e os números do PIMC, mostra, portanto, que o predomínio da construção de cisternas reconfigurou, ao menos parcialmente, as relações políticas no semiárido nordestino, com destaque para a Bahia.

Gráfico N° 2 – Números de cisternas de placa construídas pelo PIMC no Estado da Paraíba (2001-2016).



Fonte: Elaboração própria.

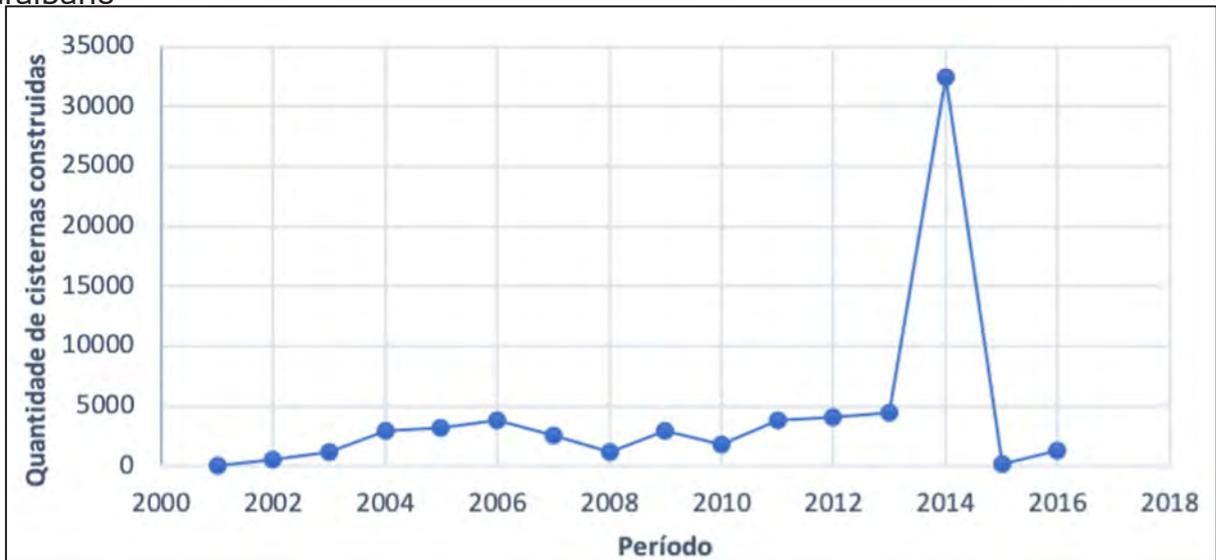
Embora o número de cisternas de placa construídas pelo PIMC no estado da Paraíba seja quase a metade da quantidade do Estado da Bahia, é importante destacar que o número é expressivo, especialmente se considerar que o Estado da Paraíba possui uma população rural menor que o da Bahia. Os anos com maior número de construção de cisternas na Paraíba acompanha a dinâmica dos demais estados atendidos pelo programa, como visto no Gráfico N° 1, e a oscilação está relacionada às limitações de recursos financeiros decorrentes de contestações feitas pelo Tribunal de Contas da União (TCU) sobre o modelo de contratação utilizado.

Ao analisar o Sertão Paraibano, no Gráfico N° 3, os números são bem distintos dos

em 2007, para realizar uma consulta à população e elaborar políticas públicas. Em 2008, o presidente Luis Inácio Lula da Silva, inspirado na experiência baiana, lançou o programa Territórios da Cidadania para fomentar o desenvolvimento regional sustentável e garantir direitos sociais às regiões mais pobres do país (Flores, 2014).

apresentados nos Gráficos N° 1 e N° 2. O crescimento no número de cisternas no ano de 2014 pode ser explicado pelo número de assentamentos criados na região entre 2008 e 2014, 22 no total, beneficiando 680 famílias (Miranda; Silva; Ferreira, 2019). Como o processo de implementação de assentamentos rurais é lento, as cisternas são feitas apenas quando o loteamento é definido e as casas são construídas. Associado a essa dinâmica de reestruturação fundiária, tem-se também um período longo de estiagem, iniciado em 2012 e findado em 2017.

Gráfico N° 3 – Números de cisternas de placa construídas pelo PIMC no Sertão Paraibano



Fonte: Elaboração própria.

Estratégias de armazenamento de água no Sertão Paraibano

“Na seca a gente sofre muito... Agora está melhorando, graças a Deus minha

cisterna faltou pouco pra encher. Só tem essa cisterna, e é muito luxo. Eu só uso a água da cisterna pra beber. A gente procura reservar [água] de todo jeito, tem que aproveitar a água da chuva, por que a gente não sabe até quando vai chover e pode passar muito tempo sem chover.” (Agricultor familiar do município de Pombal, Estado da Paraíba).

O Sertão paraibano, como as demais áreas que formam o Semiárido brasileiro, possui um índice pluviométrico anual de aproximadamente 800 mm (AESAs, 2018). Apesar dos baixos índices, a água da chuva é fundamental para o consumo humano e para a atividade agropecuária, e, quando não chove, as dificuldades aumentam:

“A dificuldade hoje é a chuva, o açude que está muito seco. Um sítio desse aqui dá uma renda de 500 reais por semana. Vamos dizer que hoje a renda é de 200, 100 reais. O sítio deste dá uma renda de 2.000 reais por mês. Hoje não dá mais porque não chove, não dá água e é muito ruim para usar a bomba. Muitas dificuldades. As dificuldades são essas aqui. A criação, antes você criava 60, 80 reses e passa a criar 30. Não tem como comparar você criar 70 reses para passar a criar 30. Se chovesse, todo mundo aqui era rico.” (Agricultor familiar de Coremas).

“O problema aqui está mais na chuva, se chover você não tem aperreio não, chovendo você tira, não tem perigo de não tirar não, ontem mesmo choveu e já estão na enxada limpando um monte de chão.” (Agricultor familiar de Sousa).

Como destacado previamente, a política de construção de açudes foi importante para mitigar os impactos da seca e, conseqüentemente, da falta de água. Contudo, são as cisternas de placa (mais baratas que os açudes) que garantem o acesso à água para a grande maioria dos agricultores familiares do Sertão paraibano:

A água do poço é só para lavar a casa, tomar banho, lavar louça, pra tudo, menos pra beber. Para beber é da cisterna, que a gente pega água da chuva, e só pega pra cozinhar e beber. (Agricultora familiar de Cajazeirinhas).

Só da chuva, até para beber é água de chuva. Nem a água da cisterna estão vindo deixar, porque essa cisterna é abastecida com água da chuva. (Agricultor familiar de Coremas).

Aqui só tem cisterna, e a gente usa essa água só para beber e fazer a comida, e a do rio a gente usa para tomar banho, colocar água para os animais, e para limpar a casa. Nossa sorte foi essa cisterna, porque agora a gente tem água boa para beber. A do rio é suja, não presta nem para fazer comida, imagina pra beber [...] Antes da cisterna a gente bebia do rio, mesmo sabendo que ela não era boa, só que a gente ia fazer o que, né? (Agricultor familiar de Sousa).

Outra tecnologia social para armazenamento de água das chuvas utilizada e não

muito aceita pelos agricultores familiares é a barragem subterrânea, porque os custos para a construção são maiores e não garantem acesso fácil à água como as cisternas de placa. Portanto, as cisternas de placa são a tecnologia social para o armazenamento de água da chuva mais aceita e considerada eficiente pelos agricultores familiares do Sertão paraibano. Aqueles agricultores familiares que possuem uma condição financeira melhor constroem mais cisternas para assegurar a água para a dessedentação animal também.

Quando a água da chuva armazenada nas cisternas se acaba, os governos municipais e/ou federal as reabastecem com carros-pipa. Mesmo o reabastecimento das cisternas representando uma dependência dos políticos locais, os agricultores familiares destacam que as cisternas dão mais segurança ao garantir água para o consumo humano, como afirma um agricultor da cidade de Pombal: “Antigamente isso tudo era seco. E Graças a Deus hoje tem essa cisterna. Deu para pegar água dessa chuva que deu agora. Pegou pouca água, mas pegou. E tem água no rio também, já dá até pra ir irrigando”.

Ainda que a ASA defenda a captação e o armazenamento da água da chuva como a principal estratégia para se garantir o acesso à água para as famílias de agricultores familiares pobres do semiárido (Andrade; Cordeiro Neto, 2016), o PIMC não conseguiu eliminar a subordinação das famílias de agricultores familiares do semiárido às elites políticas e econômicas regionais que mantêm o controle sobre a água (Santos; Borja, 2020). Exemplo emblemático desta realidade é o município de Queimadas, Estado da Paraíba, em que a família do Deputado Estadual Paulo Rogério, conhecido como Doda de Tião, controla o abastecimento de água com caminhões pipa (Audi, 2018).

Além da dependência para reabastecimento de cisternas, constata-se o crescimento da compra de água dessalinizada e acrescida de sais, vendida como mineral, em garrafas de 20 litros, para beber e cozinhar. Esse mercado é marcado pela informalidade na comercialização e pela qualidade duvidosa da água vendida. Em 2019, o Ministério Público da Paraíba (MPPB), em parceria com a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) e a Secretaria Estadual da Receita (SER-PB) e da Segurança e Defesa Social da Paraíba (SDS-PB), realizaram a “Operação Poseidon”, que fechou 17 fábricas de água adicionada de sais (MPPB, 2020).

Na ausência do Estado para assegurar o abastecimento público de água, novas estratégias são criadas pelo mercado e adotadas pelas famílias. Inicia-se, assim, um processo de privatização do fornecimento de água, que não parte da venda/concessão de empresa pública de abastecimento e saneamento básico, mas da constituição de um mercado informal de água e, conseqüentemente, do surgimento de novas categorias sociais, como o *pipeiro* (vendedor de água em caminhões pipa). Tais mercados estão em pleno crescimento no interior do Nordeste, seguindo dinâmicas semelhantes à identificadas em outros países, como Angola, Bolívia, México e Índia (Cunha; Miranda; Araújo, 2020).

Considerações finais

A ecologia política da água permite afirmar que o problema do acesso à água no Semiárido nordestino deve superar o paradigma da escassez ou falta de água, para enfatizar as desigualdades estruturais que historicamente caracterizam o acesso à água na região, com foco principal no abastecimento humano. As ideias de escassez de água e crise hídrica encobrem dinâmicas estruturais, diretamente ligadas a situações correntes de desigualdade no abastecimento de água, dificultando que estas desigualdades sejam inseridas no debate público a partir da politização radical do tema do acesso à água.

O uso da água das chuvas para o consumo humano vem sendo tratado pela ASA como um dos fatores de redução da migração do campo para a cidade, e do Semiárido para regiões mais ricas do Brasil. Fato que realmente ocorreu, mas cabe aos pesquisadores, com auxílio da ecologia política, problematizar a temática da água, a participação das famílias nos processos decisórios e as estratégias adotadas para o armazenamento da água das chuvas, para mostrar as relações de poder que permeiam os processos de formulação e execução de políticas públicas, e como as cisternas de placa estão sendo utilizadas para ressignificar o clientelismo e para os donos de caminhões pipa fomentarem o mercado informal de água.

As cisternas de placa construídas pelo PIMC possuem uma capacidade para armazenar 16 mil litros de água, que não é suficiente para assegurar o abastecimento familiar durante todo o período sem chuvas ou de secas prolongadas. Para garantir o acesso à água quando as cisternas ficam secas, os agricultores familiares recorrem ao Programa Emergencial de Distribuição de Água do governo federal e/ou aos políticos locais, para reabastecê-las com carros-pipa. Essa ação está sendo utilizada para fins eleitorais; se o agricultor familiar não votou ou não votar no Prefeito, por exemplo, terá muita dificuldade em ter acesso à água disponibilizada pelos carros-pipa. Desta maneira, as cisternas não garantiram às famílias beneficiárias a autonomia prevista nos objetivos da ASA; contribuiu para uma reconfiguração das relações políticas regionais, ao inserir novos atores políticos e descentralizar a execução do PIMC, o que não representou o fim do controle dos recursos naturais pelas elites locais; e, por fim, não reduziu expressivamente as desigualdades de acesso à água no semiárido.

Referências

AESA. Meteorologia: chuvas. Disponível em: <<http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/meteorologia-chuvas/?formdate=2019-01-17&produto=mesorregiao&periodo=anual>>. Acesso em 13 dez. 2018.

ALIMONDA, Héctor. La ecología política de Mariátegui: buscando una herencia en Lima. *Revista Tareas*, Panamá, n. 125, p. 75-87, abr. 2007.

ANAZAWA, T. M. A escassez hídrica na Região Metropolitana de Campinas entre 2013-2015: a perspectiva de um desastre socialmente construído. *Caderno MetrÓpole*, São Paulo, v. 20, n. 42, p. 347-369, maio/ago. 2018.

ANDRADE, J. A.; CORDEIRO NETO, J. R. Uma discussão sobre a possibilidade da criação institucional e sinergia entre Estado e sociedade: o caso do PIMC no Semiárido brasileiro. *Caderno EBAPE.BR*, Rio de Janeiro, v. 14, p. 551-568, jul. 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/1679-395117191>>. Acesso em: 13 jul. 2021.

ANDRADE, J. A.; NUNES, M. A. Acesso à água no Semiárido Brasileiro: uma análise das políticas públicas implementadas na região. *Revista Espinhaço*, Diamantina, v. 3, n. 2, p. 28-39, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.3964806>>. Acesso em: 13 jul. 2021.

ASA. História. Disponível em: <<http://www.asabrasil.org.br/sobre-nos/historia>>. Acesso em 13 dez. 2018.

ASSIS, T. R. P. Sociedade civil e a construção de políticas públicas na região Semiárida brasileira: o caso do Programa Um Milhão de Cisternas Rurais (PIMC). *Revista de Políticas Públicas*, São Luís, v. 16, n. 1, p. 179-189, jan./jun. 2012. Disponível em: <<http://www.periodicoseletronicos.ufma.br/index.php/rppublica/article/view/1189/942>>. Acesso em: 13 set. 2021.

AUDI, A. Deputado Doda de Tião enriqueceu 716%. *The Intercept Brasil*, 27 set. 2018. Disponível em: <<https://theintercept.com/2018/09/26/sua-familia-controla-a-agua-o-leite-e-o-subway-comemos-uma-cabeca-de-bode-com-doda-de-tiao/>>. Acesso em: 13 set. 2019.

BAKKER, K. Neoliberalizing nature? Market environmentalism in water supply in England and Wales. In: HEYNEN, N. et al. (Eds.). *Neoliberal environments: false promises and unnatural consequences*. Londres: Routledge, 2007. p. 101-113.

BELL, M. G. Historical political ecology of water: access to municipal drinking water in Colonial Lima, Peru (1578-1700). *The Professional Geographer*, Washington, v. 67, n. 4, p. 504-526, Aug. 2015.

BELMONTE, J. T. El proceso de monopolización del sistema agroalimentario mundial. *Revista Ecología Política*, n. 28, p. 61-67, jul./dic 2004.

CAMPOS, J. N. B. Secas e políticas públicas no semiárido: ideias, pensadores e períodos. *Estudos Avançados*, São Paulo, v. 28, n. 82, p. 65-88, out./dez. 2014.

CUNHA, L. H.; MIRANDA, R. S.; ARAÚJO, D. C. Mercados informais de água no semiárido paraibano. In: TEISSERENC, P.; TEISSERENC, M. J. S. A.; ROCHA, G. (Orgs.). *Gestão da água: desafios sociopolíticos e sociotécnicos na Amazônia e no Nordeste brasileiros*. Belém: EDUFPA, 2020. p. 392-420.

CUNHA, L. H.; PAULINHO, J. S. Convivência com o semiárido: um novo paradigma para políticas públicas no Nordeste? In: NEVES, D. P.; GOMES, R. A.; LEAL, P. F. (Orgs.). *Quadros e programas institucionais em políticas públicas*. Campina Grande: EDUEPB, 2014, p. 27-58.

DANDARO, F. M.; MARCONDES, R. L. Obras públicas no contexto regional: secas e gastos no Nordeste Brasileiro (1860-1940). *Revista Econômica do Nordeste*, Fortaleza, v. 49, n. 3, p. 113-127, jul./set. 2018. Disponível em: <<https://www.bnb.gov.br/revista>>. Acesso em: 13 jul. 2021.

DINIZ, C. C. Celso Furtado e o desenvolvimento regional. *Nova Economia*, Belo Horizonte, v. 19, n. 2, p. 227-249, maio/set. 2009.

DINIZ, P. C. O. Da experimentação social ao “experimentalismo institucional” trajetórias de relações entre Estado e sociedade civil: experiências no Semi-Árido. 2007. 241 f. Tese (Doutorado em Sociologia) – Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes, Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, 2007.

DINIZ, P. C. O.; PIRAUX, M. Das intervenções de combate à seca às ações de convivência com o semiárido: trajetória de ‘experimentalismo institucional’ no semiárido brasileiro. *Cadernos de Estudos Sociais*, Recife, v. 26, n. 2, p. 227-238, jul./dez. 2011. Disponível em: <<https://periodicos.fundaj.gov.br/CAD/article/view/1457>>. Acesso em: 13 set. 2021.

DOMÈNECH, L., MARCH, H., SAURÍ, D. Contesting large-scale water supply projects at both ends of the pipe in Kathmandu and Melamchi Valleys, Nepal. *Geoforum*, Amsterdam, 47, p. 22-31, June 2013.

DURAND, L. La relación ambiente-cultura en antropología: recuento y perspectivas. *Nueva Antropología*, Ciudad de México, n. 61, p. 169-184, sept. 2002. Disponível em: <<https://revistas-colaboracion.juridicas.unam.mx/index.php/nueva-antropologia/article/view/15835/14156>>. Acesso em 13 dez. 2018.

EIRÓ, F.; LINDOSO, D. Reinvenção de práticas clientelistas no programa um milhão de cisternas – PIMC. *Ciência e Sustentabilidade*, Juazeiro do Norte, v. 1, n. 1, p. 62-76, jul./dez. 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.33809/2447-4606.11201562-76>>. Acesso em: 13 jul. 2020.

FOLHA DE SÃO PAULO (2002), Falta de cisterna e greve de carro-pipa agravam seca. *Folha de São Paulo*, São Paulo, p. A11, 10 nov. 2002. Brasil. Disponível em: <<https://acervo.folha.com.br/leitoe>>. Acesso em: 13 out. 2020.

FERREIRA, E. P. Manejo de água de cisterna para a produção de alimentos no Semiárido pernambucano. 2015. 99 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Departamento de Tecnologia Rural, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2015.

FERREIRA, I. A. R. Água e política no sertão: desafios ao Programa Um Milhão de Cisternas. 2009. 141 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Sustentável) – Centro de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília, Brasília, 2003.

FINEWOOD, M. H.; HOLIFIELD, R. Critical approaches to urban water governance: from critique to justice, democracy, and transdisciplinary collaboration. *Wires Water*, Hoboken (NJ), v. 2, n. 2, p. 85-96, Mar./Apr. 2015.

FLORES, C. D. Territórios de Identidade na Bahia: saúde, educação, cultura e meio ambiente frente à dinâmica territorial. 2014. 162 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2014.

GARÍ, J. A. La ecología política de la biodiversidad. *Revista Ecología Política*, Barcelona, n. 20, p. 15-24, enero/jun. 2000.

GEZON, L. L.; PAULSON, S. Place, power, difference: multiscale research at the dawn of the twenty-first century. In: PAULSON, S.; GEZON, L. L. (Eds.). *Political ecology across spaces, scales, and social groups*. New Brunswick: Rutgers University Press, 2004, p. 1-16.

GÖRG, C; BRAND, V. Política ambiental global y competencia entre estados nacionales: sobre la regulación de la biodiversidad. *Revista Ecología Política*, Barcelona, n. 19, p. 67-87, jul./dic. 2000.

LINS, L. A solução para a seca no sertão 'cai do céu'. *O Globo*, Rio de Janeiro, p. 13, 13 ago. 2006. *O País*. Disponível em: <<https://acervo.oglobo.globo.com/>>. Acesso em: 13 out. 2020.

LOFTUS, A. Rethinking political ecologies of water. *Third World Quarterly*, v. 30, n. 5, p. 953-968, Jun. 2009.

LU, F.; OCAMPO-RAEDER, C.; CROW, B. Equitable water governance: future directions in the understanding and analysis of water inequities in the global South. *Water International*, v. 39, n. 2, p. 129-142, Mar. 2014.

MAGALHÃES, A. R.; GLANTZ, M. Socioeconomic impacts of climate variations and policy responses in Brazil. Brasília: Fundação Esquel do Brasil, 1992.

MEDEAZZA, G. M. Flujos de agua, flujos de poder. La aportación de Erik Swyngedouw al debate sobre los recursos hídricos en Latinoamérica y en el Estado español. *Documents d'Anàlisi Geogràfica*, Barcelona, n. 47, p. 129-139, enero/dic 2006.

MEEHAN, K. M. Tool-power: water infrastructure as wellsprings of state power. Geoforum, Amsterdam, v. 57, p. 215-224, Nov. 2013.

MIRANDA, R. S. Ecologia política e processos de territorialização. Sociedade e Estado, v. 28, n. 1, p. 142-161, jan./abril 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0102-69922013000100008>>. Acesso em: 13 jul. 2014.

MIRANDA, R. S.; SILVA, M. P. N. S.; FERREIRA, L. T. Políticas públicas e o fortalecimento da agricultura familiar no Sertão Paraibano. Raízes, v. 39, n. 1, p. 199-217, jan./jun. 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.37370/raizes.2019.v39.107>>. Acesso em 13 jan. 2020.

MORTARA, A. F. Construção de capacidades estatais: um estudo do Programa Cisternas. 2017. 129 f. Dissertação (Mestrado em Administração de Empresas) – Escola de Administração de Empresas de São Paulo, Fundação Getúlio Vargas, São Paulo, 2017.

MPPB - Ministério Público da Paraíba. 'Operação Poseidon' fecha 17 fábricas de água adicionada de sais e prende 8 pessoas, na PB. Disponível em: <<http://www.mppb.mp.br/index.php/29-noticias/consumidor/20507-operacao-poseidon-fecha-17-fabricas-de-agua-adicionada-de-sais-e-prende-8-pessoas-na-pb>>. Acesso em 13 maio 2020.

PONTES, E. T. M. Transições paradigmáticas: do combate à seca à convivência com o semiárido nordestino, o caso do programa um milhão de cisternas no município de Afogados da Ingazeira - PE. 2010. 180 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2010.

SANTOS, A. C.; CEBALLOS, B. S. O.; SOUSA, C. M. Políticas públicas de água e participação no semiárido: limites e tensões no PIMC. Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais, Salvador, v.1, n.1, p. 145-161, 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.9771/gesta.v1i1.8279>>. Acesso em: 13 jul. 2020.

SANTOS, J. E. S.; BORJA, P. C. Captação e armazenamento de água de chuva para consumo humano no semiárido baiano no âmbito do PIMC: uma análise da viabilidade do uso da tecnologia no município de Abaré-BA. Brazilian Journal of Development, Curitiba, v. 6, n. 1, p.5259-5300, jan. 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.34117/bjdv6n1-383>>. Acesso em: 13 jul. 2020.

SANTOS, T. A. Articulação No Semiárido Brasileiro (ASA BRASIL): A convivência com o semiárido e a construção de um regionalismo de resistência. 2016. 232 f. Tese (Doutorado em Geografia Humana) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.

SEIDL, M.; GOUELLO, B.; NASCIMENTO, N. Perception of rainwater harvesting in public buildings: Comparison between two case studies in France and in Brazil. In: 7^{ÉME} CONFÉRENCE INTERNATIONALE SUR LES TECHNIQUES ET STRATÉGIES DURABLES POUR LA GESTION DES EAUX URBAINES PAR TEMPS DE PLUIE, 7., 2010, Lyon, Anais. Lyon: NOVATECH, 2010. Disponível em: <<http://documents.irevues.inist.fr/handle/2042/35791>>. Acesso em: 13 jul. 2018.

SILVA, C. V.; HELLER, L.; CARNEIRO, M. Cisternas para armazenamento de água de chuva e efeito na diarreia infantil: um estudo na área rural do semiárido de Minas Gerais.

Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 17, n. 4, p. 393-400, out./ dez. 2012.

SILVA, J. B.; GUERRA, L. D.; IORIS, A.; GOMES, R. A. Conflitos sociopolíticos, recursos hídricos e programa um milhão de cisternas na região semiárida da Paraíba. Novos Cadernos NAEA. Belém, v. 18, n. 2, p. 69-92, jun./set. 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5801/ncn.v18i2.2004>>. Acesso em: 13 jul. 2020.

SILVA, M. S.; REIS, S. M. A. O. Tecnologias sociais contextualizadas para a convivência com o semiárido: dialogando com os sujeitos. Ensino em Perspectivas, v. 2, n. 4, p. 1-11, 2021. Disponível em: <<https://revistas.uece.br/index.php/ensinoem perspectivas/>>. Acesso em: 13 set. 2020.

SILVA, R. M. A. Entre dois paradigmas: combate à seca e convivência com o semi-árido. Sociedade e Estado, v. 18, n. 1-2, p. 361-385, jan./dez. 2003. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0102-69922003000100017>>. Acesso em: 13 jul. 2020.

SILVA, R. M. A. Entre o combate à seca e a convivência com o semi-árido: políticas públicas e transição paradigmática. Revista Econômica do Nordeste, v. 38, n. 3, p. 466-485, jul./set. 2007. Disponível em: <<https://www.bnb.gov.br/revista>>. Acesso em: 13 jul. 2020.

ZWARTEVEENAB, M.; BOELEN R. Defining, researching and struggling for water justice: some conceptual building blocks for research and action. Water International, v. 39, n. 2, p. 143-158, Mar. 2014.

Artículo 5

Los Pueblos Jesuíticos Guaraníes en la cuenca del Río de la Plata. Puesta en valor de las prácticas relacionadas con el agua

*Yvy Marae'y Rekavo.
[En busca de la Tierra sin Mal]*

Ana María Attías Solé¹, y Ricardo Daniel Lombardo López², Espacio Interdisciplinario de Investigación sobre Conflicto y Territorio (EIICT), Facultad de Arquitectura y Urbanismo (FAU), Universidad Nacional del Nordeste, Resistencia, Chaco, Argentina

Resumen

El presente trabajo pretende ofrecer una aproximación de carácter general al agua de lluvia. El objetivo de este artículo apunta a destacar la importancia de las estrategias y prácticas hidro-sociales implementadas en los 30 pueblos misioneros fundados entre los siglos XVII y XVIII en el Virreinato del Río de la Plata por la Compañía de Jesús, orden religiosa católica, entre las comunidades indígenas Tupí-guaraníes de la región. Se propone contribuir al rescate y puesta en valor de las prácticas históricas de aprovechamiento y uso del agua pluvial y fluvial por parte de las comunidades jesuítico-guaraníes, las que en la geografía cultural y memoria social de la región permanecen vigentes. El trabajo se funda en el análisis e interpretación de las respuestas culturales sobre cuestiones vinculadas al agua, los antecedentes históricos de esas estrategias y prácticas y la revaloración de esos conocimientos recurriendo a investigaciones historiográficas. Busca aportar al estudio de las culturas hidro-sociales elementos para la reflexión de los procesos concretados en el pasado y la producción de saberes vinculados a las culturas del agua en el área guaraníca de Sudamérica.

Palabras clave: misiones jesuíticas; indígenas Tupí-guaraníes; aguas pluviales; sincretismo; Sudamérica.

Recibido: septiembre de 2019

Aceptado: octubre de 2020

¹ E-mail: anitaattias@hotmail.com.

² Erdlombardolopez@gmail.com.

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 commuThe objective of this article is highlighting the importance of the hydrosocial strategies and practices implemented in the 30 missionary towns founded between the XVII and XVIII centuries in the Vice Royalty of the Rio de la Plata by the Society of Jesus, a Catholic religious order, among the region's Tupi-Guarani indigenous communities. It aims to contribute towards rescuing and valuing the historical practices of collection and use of river and rainwater by Jesuit-Guarani communities, practices that remain alive in the region's cultural geography and social memory. The work is grounded on the analysis and interpretation of cultural responses to water-related issues, the historical precedents of such strategies, practices and knowledge, and the recognition of their value through historiographical research. It seeks to provide elements for the study of hydro-social cultures reflecting on past processes and the production of knowledges associated to water cultures in the Guarani region of South America.

Keywords: Jesuit missions; Tupi-Guarani Indians; rainwater; syncretism; South America.

Received: September 2019

Accepted: October 2020

Introducción

Este trabajo busca rescatar y poner en valor la experiencia jesuítica/guaraní, en relación con el aprovechamiento y uso del agua de origen fluvial y pluvial, cuyos conocimientos y prácticas continúan vigentes en la geografía cultural y la memoria social regionales. El objetivo apunta a identificar la importancia de las estrategias y prácticas hidro-sociales implementadas en los 30 pueblos misioneros fundados entre los siglos XVII y XVIII por la Compañía de Jesús, orden religiosa católica, entre los indígenas guaraníes, que tenía como fin su evangelización. El artículo tiene como meta el análisis e interpretación de las respuestas culturales sobre cuestiones vinculadas al agua, los antecedentes históricos de esas estrategias y prácticas y la revaloración de este conocimiento, recurriendo a los estudios historiográficos. Nos introducimos al estudio y la reflexión de problemas específicos de la cultura del agua como propone la historiografía crítica, considerando la historicidad del pensamiento teórico y las prácticas que la sustentan, aportando así al estudio de las culturas hidro-sociales elementos para su problematización y complejización mediante la reflexión sobre procesos concretados en el pasado, su puesta en valor y la producción de nuevos saberes vinculados a las culturas del agua en Sudamérica en el área guaraníca durante el período 1609-1768)³.

Nuestra finalidad es discutir las prácticas relacionadas con el agua encontradas en los vestigios de los pueblos, documentos de la época, especialmente en las cartas anuales enviadas por los sacerdotes provinciales a cargo de los diferentes poblados, los registros realizados por viajeros en sus crónicas y en el enorme cúmulo de conocimientos sobre este tema que han desarrollado estudiosos e investigadores, especialmente de Argentina, Brasil y Paraguay. El universo del agua conformó y constituyó el punto de unión de la cosmovisión de los misioneros jesuitas y de los indígenas Tupi-guaraníes. Muchos textos dan cuenta de la adaptabilidad de los guaraníes a los jesuitas, pero es necesario destacar el cultivo de esa característica de los segundos respecto de los primeros.

Para comprender estas estrategias adaptativas jesuíticas/guaraníes recurrimos a los aportes de la antropología cultural, más precisamente desde el campo de la antropología ecológica, inspirados en John W. Bennett, que nos permiten abordar este tema. En palabras de Bennett:

El marco de referencia socio ecológico incluye el estudio de cómo la utilización humana de los recursos naturales ejerce influencia y es también influenciada por la organización social y por los valores culturales y el estudio del comportamiento adaptativo, es decir, cómo las personas desarrollan mecanismos de manejo o formas de utilizar recursos humanos y naturales para alcanzar objetivos y solucionar problemas (Bennett, 1971, citado en Mastrangelo y Schamber (2014: 188).

Esa conciliación y fusión cultural entre jesuitas y guaraníes, durante más de 150 años integró la complejidad ambiental, cultural, religiosa, tecnológica y productiva

³ Período desde la llegada de la Orden de la Compañía de Jesús al Paraguay hasta su expulsión del territorio del Virreinato del Río de la Plata por Carlos III, el Rey de España.

en una escala territorial inmensa, que abarca los actuales espacios nacionales del suroeste de Bolivia, Paraguay, noreste de Argentina, suroeste de Brasil y suroeste de Uruguay, una geografía extensa con poblaciones indígenas que fueron congregadas en las denominadas "reducciones"⁴. Se fundaron más de 60 reducciones; no todas perduraron, algunas tuvieron que ser trasladadas, abandonadas o fusionadas en dos o más unidades debido especialmente a las incursiones de los *bandeirantes*⁵ en el territorio misional.

Las reducciones de guaraníes tuvieron su mayor grado de desarrollo entre las batallas de Mbo'roré (1641)⁶ y de Caibaté⁷ (1754). Hacia mediados del siglo XVII, encontramos 30 reducciones de indígenas guaraníes asentadas en torno a los dos principales cursos hídricos que conforman la cuenca del Río de la Plata, los ríos Paraná y Uruguay⁸. 15 de esas misiones se ubicaron en las actuales provincias de Misiones y Corrientes en Argentina, ocho en los actuales Departamentos de Itapúa y Misiones en Paraguay, y siete en el Estado de Río Grande del Sur, Brasil (Mapa N° 1).

4 Reducciones: denominación de los pueblos de indios que, "viviendo a su antigua usanza en montes, sierras y valles, en escondidos arroyos, en tres, cuatro o seis casas solas, separadas a legua, dos o tres y más unos de otros, los redujo la diligencia de los Padres a poblaciones grandes y a vida política y humana..." (Ruiz de Montoya, 1639).

5 Los *bandeirantes*, grupos de saqueadores provenientes de la región de San Pablo, frontera entre las posesiones coloniales de España y Portugal, quienes incursionaban en las reducciones capturando a los indígenas guaraníes para utilizarlos como mano de obra esclava.

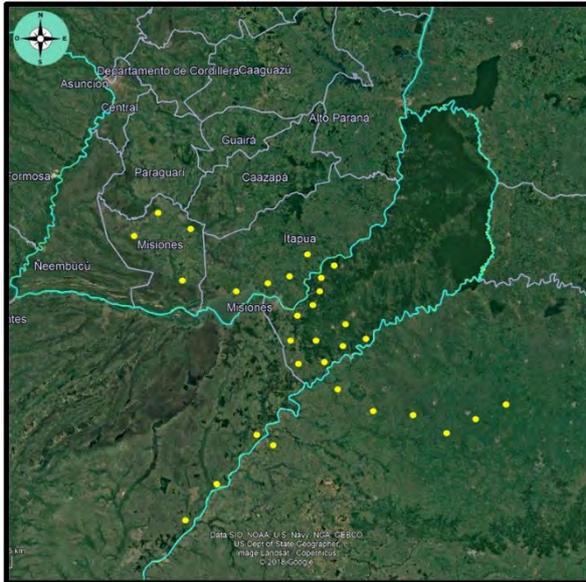
6 Batalla de Mbo'roré, 11 de marzo del 1641. Enfrentamiento entre los indígenas guaraníes de las misiones jesuíticas y los bandeirantes portugueses en territorios de la actual Provincia de Misiones, Argentina. La batalla fue liderada por los caciques Nicolás Ñeenguiru e Ignacio Abiarú, comandantes de las misiones y terminó con la victoria guaraní.

7 Batalla de Caibaté: 10.02.1756. Última batalla de la guerra guaranítica, en la que vencieron los bandeirantes. Este fue el comienzo del fin de la nación misionera desarrollada por los jesuitas.

8 Paraná: ["pará": río y "aná": parecido o pariente] "río que se parece el mar" o "pariente del mar". Uruguay: "río de los caracoles" ["uruguá": caracol, e "y": agua o río]. Otros autores señalan que significa "río de pájaros", [Uru": pájaro; "gua", lugar, e "y", río].

5.

Mapa N° 1. Mapa de la región de los 30 pueblos jesuita- guaraníes, con localizaciones próximas a los cursos de agua.



Fuente: Elaboración propia sobre imagen satelital de Google Earth, consultada en mayo de 2019.

Para una mejor comprensión del hábitat de origen y de las características ambientales, bioclimáticas, fluviales, etc., que dieron inicio a una cultura hidrosocial previa a la llegada de los misioneros jesuitas es necesario destacar que los guaraníes vivían en la región fitogeográfica denominada "selva paranaense", que cuenta con numerosos ríos, arroyos, lagunas, vertientes y mananciales. El clima es subtropical húmedo, y la fisonomía del paisaje se mostraba con un imponente "mundo verde", tupido y continuo, vistiendo las topografías de montes, sierras y valles; con relieves y afloramientos rocosos en suelos lateríticos rojos. Se trataba de un majestuoso aspecto de dominios vegetales con presencia constante del agua de innumerables arroyos y riachos. Los ríos Paraná y Uruguay, con sus afluentes, constituían los ejes organizadores de su territorio.

Por ello, es necesario destacar la vital importancia del agua en la concepción de vida de los guaraníes. El agua como elemento sustancial para su vida terrenal y en su mundo trascendental. El agua, (Y)⁹, es un principio activo y materia primordial del universo guaraní y de sus parcialidades. Los guaraníes tenían una imagen del "paraíso", al que concebían como la tierra sin mal¹⁰. Este imaginario indígena tuvo una correspondencia

9 Y: agua. Designación que pervive en un sinnúmero de toponimias en la geografía de los territorios guaraníes.

Parcialidades como los *Mby guaraní*: "hijos del agua".

10 La Tierra sin Mal ["*Yvy Mara He'y*"], es un mito guaraní sobre el más allá, o como algo físico en el tiempo y en el espacio. Puede interpretarse como un lugar habitado por los vivos o solamente por las

con la utopía misional en la que el agua fue el elemento de unión entre ambos imaginarios.

La articulación entre ambas culturas dio como resultante un hábitat donde lo primordial era la relación armónica entre el hombre y su ambiente. El agua en las misiones jesuíticas/guaraníes fue organizadora de la región, vía de comunicación, elemento vital para los animales, para el riego comunitario de los cultivos y huertas, y para higiene, baños y eliminación de los desechos, entre otras funciones. En las reducciones jesuíticas guaraníes se puede visualizar al agua como un elemento ordenador del espacio, tanto a escala macro, la región de los 30 pueblos, como a escala micro, en cada una de las reducciones.

El agua como conformadora del sistema de los pueblos misionales guaraníes

La organización de los pueblos/jesuíticos guaraníes en la región

El modo de vida indígena tenía estructuralmente incorporada la presencia del agua. Antes de la llegada de los jesuitas, las aldeas estaban siempre localizadas cercanas a los cursos de agua. La transformación de las aldeas o pueblos de indios en reducciones replicaron la composición espacial, localizándolas junto a los ríos como vía de navegación y comunicación de los pueblos en la región.

Sin duda, el elemento organizador de la región donde se localizaron los 30 pueblos misionales guaraníes fue el agua. Los cursos de agua no dividían a los pueblos, sino que los unían. El sistema hídrico que vinculaba a los poblados jesuíticos/guaraníes era el de los ríos Paraná, Paraguay¹¹, Uruguay, Tebycuari¹² y otros afluentes.

Los pueblos misioneros tenían una economía fundada en la cooperación mutua y en la especialización de su producción. El sistema colonial en el área guaraní se componía de pueblos y estancias que intercambiaban bienes, con vías de comunicación fluidas, que permitían a los pueblos asistirse en caso de conflictos, en especial ante las incursiones de los *bandeirantes* brasileiros.

Los jesuitas incorporaron las prácticas de navegación propias de los guaraníes, su tradición, su conocimiento de los ríos, y su pericia para la construcción de embarcaciones. De este modo, los guaraníes aportaron su conocimiento del territorio y, especialmente, de la dinámica de los cursos de agua y su adaptación al medio. La experiencia jesuítica probablemente no hubiera sido posible sin el conocimiento y destreza de los guaraníes, como sostienen Sánchez Negrete y Valenzuela (2012).

almas de los muertos.

11 Paraguay: [“Payagua”: parcialidad guaraní, “Y”: “agua”]: “Río de los Payagua”. O “Paraguá”: “Corona de palma”. “Río de las coronas de palmas”.

12 Tebycuari /Tevycuary. [De “tebycuara”: “zanja”; “yry”: “arroyo o río pequeño”]. Expresa la idea de río que nace en una zanja.

Por su parte, el conocimiento adquirido por los jesuitas sobre los ríos y sus afluentes, queda evidenciado en la abundante cartografía elaborada por la Compañía de Jesús, en la que constan, en detalle, los cursos de agua y las características ambientales de la región, entre otros aspectos relevantes (Hoffmann, (1973:168-69).

Se sabe que la navegación se practicaba más en el río Paraná y en sus afluentes que sobre el Río Uruguay, debido a las características y los accidentes geográficos que dificultaban la comunicación fluvial en el río Uruguay, En algunos puntos se establecieron puentes, y, donde no era posible tener pasos físicos, se utilizaban canoas. Cabe destacar que los pasos utilizados en la época de la colonia siguen vigentes en la actualidad, persistiendo el legado jesuita/guaraní en la memoria y en la práctica.

Como el río Paraná era la vía más utilizada para la comunicación entre las misiones, en los pueblos paranaenses se encontraban localizados la mayor cantidad de puertos, que además permitían la conexión con ciudades, como Corrientes, Santa Fe y Buenos Aires. La mayoría de los pueblos se localizaban en las inmediaciones de los ríos y/o afluentes, o bien próximos a algún curso fluvial. Por ejemplo, algunos poblados estaban localizados sobre la orilla del Río Uruguay, como Yapeyú¹³, San Javier, La Cruz o Candelaria, o a escasos kilómetros de la ribera, San Ignacio Miní o Loreto (Furlong, 1962; Maeder, y Gutiérrez, 1994). Ver Mapa N° 2.

Mapa N° 2. Localidad de Yapeyú, sobre el Río Uruguay, Provincia de Corrientes, Argentina. El mapa destaca la localización de la reducción jesuítico-guaraní.



Fuente: Elaboración propia sobre imagen satelital de Google Earth, consultada en junio de 2019.

13 Yapeyú: [Fruto maduro"]. [Mirto] *Campomanesia crenata*.

El agua como organizadora de las reducciones jesuítico-guaraníes

Asentamiento y organización de los centros poblados

Antes de pasar al desarrollo de las respuestas técnicas relativas al aprovechamiento integral del agua creemos necesario realizar una síntesis sobre la localización de estos poblados y la descripción de su planta urbana, de modo de poder comprender mejor las innovaciones relacionadas con la gestión del agua, características de la interacción entre los misioneros y las poblaciones guaraníes.

Las "Instrucciones" para la fundación de los primeros pueblos fueron dadas por el padre Diego de Torres Bollo s.j.[sacerdote jesuita] , primer Provincial¹⁴ de la provincia jesuítica del Paraguay (1606/1612). Este sacerdote provincial escribió a sus misioneros en su primera Carta Anua, que firma el 17 de mayo de 1609, acerca de cómo debían trazarse los pueblos:

[...] se informarán con personas desapasionadas y de buen ejemplo, sobre adónde les parece que podrán hacer su asiento y la principal reducción [...] llegarán allá y darán vuelta la tierra y escogerán el puesto que tuviese mayor y mejor comarca, y de mejores caciques (...) advirtiéndolo primero que tenga agua, pesquería, buenas tierras, y que no sean todas anegadizas, ni de mucho calor, sino de buen temple, y sin mosquitos ni otras incomodidades (...). (Diego de Torres Bollo, [1609], en Leonhardt, 1927s/p).

Si bien estas Instrucciones fueron tenidas en cuenta por los misioneros, debemos considerar que no eran inflexibles; más bien pueden entenderse como recomendaciones, ya que el propio autor reflexiona que se considere "... el gusto de los indios".

14 Provincial: máxima autoridad eclesial y administrativa en la Compañía de Jesús.

La planta urbana de los pueblos jesuíticos guaraníes

El modelo urbano implementado en las reducciones jesuíticas no constituyó una creación exclusiva de la Compañía de Jesús. A nivel urbanístico existió un patrón más o menos definido que los jesuitas aplicaron de forma extensiva al conjunto de las reducciones, con algunas variantes. Casi todas las reducciones se construían sobre "colinas, para que la abundante agua de las frecuentes lluvias pueda desaguar". (*id*).

El modelo, que podemos visualizar en los restos arqueológicos de las reducciones jesuítico-guaraníes, fue pragmático y tuvo un desarrollo evolutivo desde las primeras fundaciones.

Respecto del número de indígenas que vivían en las reducciones jesuíticas, según estimaciones, por ejemplo en la reducción de Santos Apóstoles Pedro y Pablo, en la Provincia jesuítica de Paraguay habría llegado a albergar a casi 6.000 habitantes, siendo tan importante como las de San Ignacio, Santa María La Mayor, Santa Ana o Loreto, en la Provincia de Misiones, Argentina. Mientras que la reducción de San Nicolás en el Estado de Rio Grande do Sul, Brasil habría tenido una población promedio de 4.000 personas. (Sinhur *et al.*, 2007).

La organización y el agrupamiento de los espacios de las reducciones destinados a los accesos, circulaciones y vinculaciones (calles) entre ámbitos (edificios y Plaza de Armas) se diferencian por sus magnitudes (anchos) y rumbos (orientaciones). La estructura de la reducción se centra en la Plaza de Armas y el eje acceso-templo. Las construcciones se zonificaban en espacios diferenciados para los guaraníes y los religiosos.

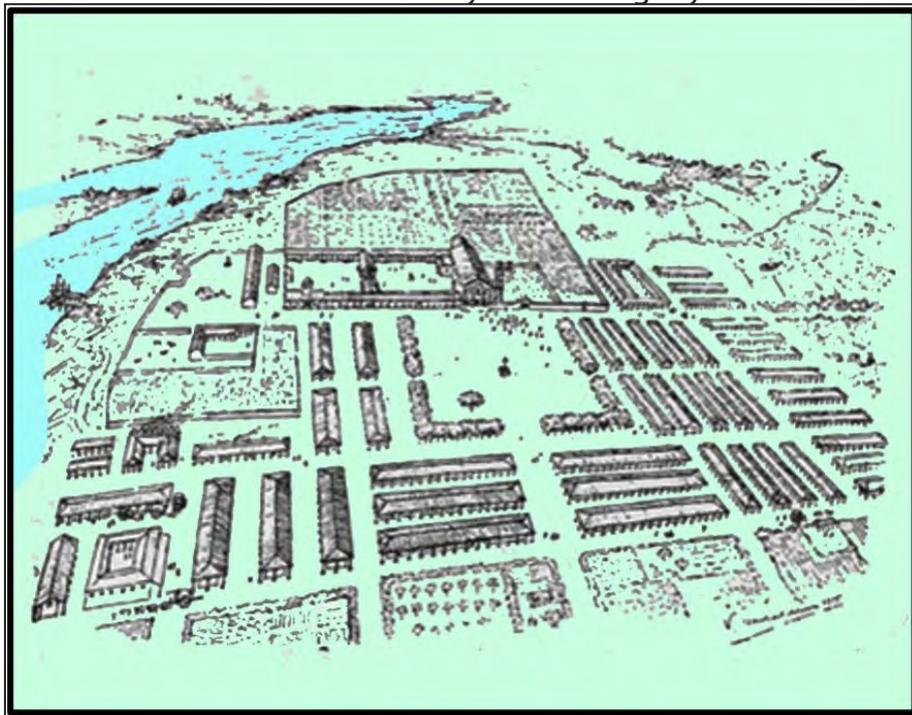
Las reducciones estaban constituidas por sectores de viviendas y centros ceremoniales activos, y también núcleos de actividades terciarias: la sede civil y eclesiástica -cabildo y templo parroquial-, la administración económica local, los servicios asistenciales -hospital y *coti-guazu*, (posada o tambo), colegio, huertas, chacras y estancias. Cada uno de estos pueblos, de acuerdo con las condiciones medioambientales, tenía un grado de especialización y se habían concebido como complementarios unos con otros.

Por ejemplo, en la sistematización urbanística ideada por Antonio Sepp, jesuita de origen austríaco que actuó en la Provincia de Misiones, Argentina, el núcleo debía estar constituido por la plaza, casi cuadrada, con la iglesia en el frente principal, flanqueado por los claustros del colegio y una casa capitular a un lado y el cementerio y el *coti-guazu* hacia el otro lado¹⁵.

A los tres lados de la plaza, alineados con regularidad ortogonal estaban separadas las casas de los indígenas. Su eje ordenador era la avenida principal, la que dividía al conjunto en dos mitades que, extendida desde la entrada del pueblo hasta la plaza e iglesia, obra arquitectónica de mayor monumentalidad, constituía la direccional y visual más importante desde el ingreso del pueblo. Las Figuras N° 1 y N° 2 ilustran las disposiciones espaciales típicas de las edificaciones de las reducciones jesuíticas-guaraníes.

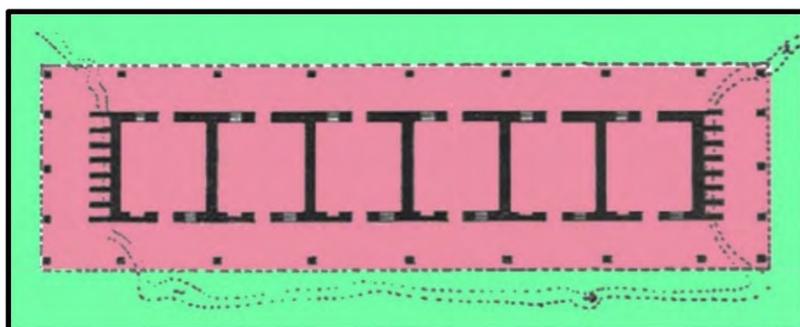
15 *Coti-guazú: "Aposento grande"*. Viviendas destinadas a las mujeres viudas o huérfanas. Reducto exclusivamente femenino construido y cerrado junto al cementerio y al bloque arquitectónico de la iglesia y del claustro. (Rocchietti, 2005)

Figura N° 1. Reducción Yapeyú, Corrientes, Argentina. Reconstrucción mostrando la proximidad entre el sector urbano y el Rio Uruguay.



Fuente: Elaboración propia sobre dibujo de Vicente Nadal Mora.

Figura N° 2. Planta de una sección de viviendas de indígenas.



Fuente:Elaboración propia en base a Furlong (1961: 45).

Las viviendas no eran necesariamente iguales en todos los pueblos, pero en general se parecían a las viviendas prehispánicas de los guaraníes. Según (Gutiérrez, 2005) la estructura de las mismas era como una cinta continua, rodeando la plaza. Las casas eran de seis a doce unidades, rodeadas de galerías que daban sombra a las propias viviendas y también cumplían la función de veredas cubiertas (Foto N° 1).

Foto N° 1. Reducción San Cosme y Damián, Misiones, Paraguay. Galería y plaza porticada.



Fuente: EFE. fotografía de Andrés Cristaldo Benítez. Disponible en: <http://www.efetur.com/noticia/paraguay-jesuitas/>. Consultado en junio de 2019.

Las huellas arqueológicas más emblemáticas por sus magnitudes y permanencia en el tiempo, con respecto a las obras de infraestructuras en relación al agua realizadas por los jesuitas para mejorar el funcionamiento de la región y de los propios pueblos en el periodo en estudio, refieren a su captación, transporte y almacenamiento.

Como hemos mencionado, la mayoría de los pueblos se localizaron a orillas de un curso de agua o bien en sus proximidades, razón por la cual la captación se hacía en forma directa de los manantiales, arroyos, ríos o sus afluentes. En ciertos casos, de modo excepcional, en que las reducciones no contaban con la posibilidad de un curso de agua cercano, los jesuitas desarrollaron sistemas para que el agua pudiera llegar a los pueblos. Tal es el caso del pueblo de San Carlos Borromeo, Corrientes, Argentina, en el que implementaron un sistema de represas y pozos de agua como estrategia de adaptación a su localización al interior del territorio.

Azara¹⁶ (1990s/p) describió que en el pueblo de Apóstoles, actual Provincia de

16 Félix de Azara: científico de fines del siglo XVIII.

Misiones, Argentina, se había construido de “una bellísima fuente de piedra de sillería, con sus caños y un hermoso lavadero, que es la única cosa de esta especie que he visto desde el Río de la Plata acá”.

En la reducción Nuestra Señora de Loreto, Misiones, Argentina, se encontraron estanques en un radio de 400 m. del poblado. En este caso se trataría de tajamares¹⁷ que embalsaban las aguas de lluvias reteniéndolas en depresiones naturales del terreno o también podrían ser aguas que provenían de manantiales. Los tajamares se creaban aprovechando los terraplenes de los caminos elevados para permitir el tránsito en las zonas bajas, constituyendo una interesante obra hidráulica que retenías las aguas de las lluvias y que actuaba como una represa generando lagunas.

Las huellas arqueológicas más emblemáticas por sus magnitudes y permanencia en el tiempo, con respecto a las obras de infraestructuras para la gestión del agua realizadas por los jesuitas para mejorar el funcionamiento de la región y de los propios pueblos, tienen que ver con la captación, transporte, almacenamiento y usos.

Como hemos mencionado, la mayoría de los pueblos se localizaron a orillas de un curso de agua o bien en sus proximidades, razón por la cual la captación se hacía en forma directa de los manantiales, arroyos, ríos o sus afluentes. En ciertos casos, de modo excepcional, en que las reducciones no contaban con un curso de agua cercano, los jesuitas desarrollaron sistemas para que el agua pudiera llegar a los pueblos. Tal es el caso del pueblo de San Carlos Borromeo, Corrientes, Argentina, en el que implementaron un sistema de represas y pozos de agua como estrategia de adaptación a su localización al interior del territorio.

¹⁷ Tajamar: el término refiere en Argentina a la construcción de un malecón, represa o pequeño dique.

Barro ñau: arcilla de color gris muy impermeable capaz de absorber el agua que pueda filtrarse garantizando la no filtración de los terraplenes.

El agua como fuente de vida en los pueblos misionales

El legado de las misiones jesuíticas-guaraníes respecto del aprovechamiento del agua pluvial y fluvial puede identificarse en las respuestas hidrotécnicas encontradas en las reducciones, entre otros aspectos, las vinculadas a la vigilancia de la salud en esos centros poblados.

Entre otras cuestiones, en los poblados jesuita-guaraníes se han identificado estructuras de gestión del agua para su captación y transporte, por medio de acequias (zanjas o canales), acueductos subterráneos, almacenamiento mediante albercas, estanques artificiales, aljibes (pozos o cisternas).

La obtención de agua para consumo, higiene y regadíos, suponía un sistema que incluía, según la localización del poblado y de la fuente de agua, un trabajo de decantación, colocación de cisternas en lagunas elevadas y conducción de las mismas a través de acequias hasta las fuentes y estanques, y de drenaje de los desechos de las letrinas (letrinas aboneras) (Fotografía N° 3) para su uso en las huertas.

Un ejemplo de la planificación de las estructuras de canalización para el transporte de las aguas a través de zanjias o acequias hacia los centros poblados es el del jesuita Bernardo Nusdorffer activo en San Ignacio Mini, misión localizada en la actual Provincia de Misiones, Argentina, quien instruyó:

se hará una zanja porque no se estanque allí el agua, y haga daño a las paredes. Compóngase la zanja en el segundo patio, para que cuando llueve salga el agua a las pampas y no ofenda a los aposentos que ay por aquella parte. Fuera de la puerta del mismo patio segundo. (Nusdorffer 1792 s/p).

Vestigios de este tipo de obras relativas al transporte de las aguas pueden aún verse en lo que fueron los pueblos misionales en la provincia de Corrientes, Argentina, como el caso del zanjón o tranquera de Loreto (Fotografía N° 2).

Fotografía N° 2. Zanjón o Tranquera de Loreto, Ituzzaingó, Corrientes, Argentina. Canal de derivación del Río Paraná.



Fuente: Disponible en: <https://www.tripin.travel/ituzzaingo/zanjon-loreto-ituzzaingo/>
Consultada en mayo de 2019.

La obtención de agua para consumo, higiene y regadíos, suponía un sistema que incluía, según la localización del poblado y de la fuente de agua, un trabajo de decantación, colocación de cisternas en lagunas elevadas y conducción de las mismas a través de acequias hasta las fuentes y estanques, y de drenaje de los desechos de las letrinas (letrinas aboneras) (Fotografía N° 3) para su uso en las huertas.

Fotografía N° 3. Reducción de Loreto, Misiones, Argentina. Vestigios de letrinas aboneras.



Fuente: Disponible en: <https://ilamdir.org/recurso/8791/reducci%C3%B3n-jesu%C3%ADtica-de-nuestra-se%C3%B1ora-de-loreto>. Consultado en mayo de 2019.

En las ruinas de los pueblos jesuitas- guaraníes se identifican diversas estructuras para el almacenamiento del agua, fuentes, estanques y aljibes (Fotografías N° 4 a N° 6), tanto para el consumo humano como para otros fines, como bebederos de animales, riego, y lavado de ropa (Sánchez Negrete, A. y Valenzuela, M., 2012:6).

Foto N° 4. Reducción San Cosme y Damián, Itapúa, Paraguay. Aljibe en el patio central.



Fuente: Ruiz Martínez-Cañavate. (2017), Disponible en:<https://hera.ugr.es/tesisugr/26615794.pdf>. Consultado en junio de 2019.

En las afueras de los pueblos se disponían algunos estanques, destinados al abastecimiento del agua de la población y para el lavado de la ropa. Algunos se hallaban decorados con tallas en piedra y se complementaban con la forestación del entorno mediante árboles frutales y palmeras. Vestigios de estos estanques o piletas persisten en la mayoría de los conjuntos jesuíticos, destacándose, especialmente, por la calidad de la construcción y la elección de los materiales, integrando lo material y lo estético, los de los pueblos San Miguel y Apóstoles, Provincia de Misiones, Argentina.

En el pueblo de Santa Ana, Misiones, Argentina, se han encontrado dos estanques construidos con bloques de *asperón*¹⁸. Uno ubicado en la huerta y el otro estanque, a unos 1000 metros al norte del poblado. En uno de sus muros se observan tres pequeñas aberturas, que conformaban bocas de entrada de agua de un manantial, mientras que la salida del agua se realizaba por medio de una compuerta a través de una cañería

18 *Asperón*: Tipo de material pétreo. Nombre que deviene de una característica aptica: "áspero". Es una "roca sedimentaria" de arenisca y aluminosilicatos silíceos y/o arcillosos. De un color blanquecino a pardo, marrón y rojizos. Las arcillosas suelen ser blancas, las que contienen óxido ferroso y arsénico son rojizas y duras. Es una "roca elástica" originada por la disgregación de otras rocas (arena, arcilla, etc.) y diferentes minerales (hierro, calcio, aluminio, sílice, etc.).

subterránea de lajas (Pini y Carugo (1975).

Barcelós (2000) discute el plano de la misión de San Juan Bautista, en el Estado de Rio Grande do Sul Brasil, e indica la existencia de seis fuentes en los alrededores de la planta urbana del poblado, sosteniendo que todas ellas recibían aguas del arroyo Lajeado do Moinho. La primera de las fuentes, de 600 m², tenía una abertura en el centro desde la que se desarrollaba un canal con muros conformando una represa que parecería haber servido para bebedero de los animales. Otra fuente fue identificada como dedicada al riego, mientras que otra de las fuentes habría sido dedicada al lavado de ropa. Este parece ser un patrón regular identificado en diversos pueblos jesuita-guaraníes.

Fotografía N°5. Reducción San Miguel Arcángel, Rio Grande do Sul, Brasil. Fuente situada en las afueras del pueblo.



Fuente: Ruiz Martínez-Cañavate. (2017), Disponible en: <https://hera.ugr.es/tesisugr/26615794.pdf>. Consultado en junio de 2019.

Fotografía N° 6. Reducción San Miguel Arcángel, Rio Grande do Sul, Brasil. Detalle de la decoración de *zafariches*(fuentes) con forma de ángeles.



Fuente: Ruiz Martínez-Cañavate. (2017), Disponible en: <https://hera.ugr.es/tesisugr/26615794.pdf>. Consultado en junio de 2019.

Las reducciones disponían de baños, que eran utilizados únicamente, por los cabildantes, curas y visitas. La reducción Nuestra Señora de Loreto, Misiones, Argentina, es uno de los pocos casos en que se puede observar en el sector destinado a la huerta, con los cimientos y canalizaciones de las letrinas.

En la reducción San Cosme y Damián, Paraguay, se han encontrado vestigios parciales denominados atarjeas o vía de los excrementos, que consistían en canales de albañilería conectadas con los sanitarios. El trazado del sistema de eliminación de desechos pasaría por el núcleo principal y por las viviendas de los guaraníes.

Es necesario poner en valor la extensión que tenían estas redes en los centros urbanos. Ejemplo de ello es Nuestra Señora de Loreto, Misiones, Argentina, donde se constató la existencia de cañerías de barro. Se encontró una zanja extensa de 0,40 m., de profundidad, alcanzando una longitud aproximada de 180 m. En el sector de las viviendas de los indígenas, los arqueólogos encontraron trozos de piedra atravesadas por cañerías de cerámica en su centro, lo que revelaría la conducción final de los desagües hacia el huerto, localizado detrás de esas viviendas.

En conexión con esto, Viñuales (2007) explica en su trabajo sobre las Misiones jesuíticas guaraníes de Argentina, Paraguay y Brasil que en la unión entre los edificios y las huertas solía ubicarse un conjunto de letrinas, servidas por una acequia. Su uso y control permitía obtener los abonos para las zonas de cultivo inmediatas. La huerta se convertía entonces en uno de los eslabones de esa cadena ecológica, a la que el guaraní estaba tan acostumbrado y tenía en las reducciones una apropiada aplicación.

Reflexiones finales

En este artículo nos hemos aproximado al universo jesuítico-guaraní rescatando algunos de los procesos hidro técnicos seleccionados, entre los avances producidos en esa época y territorio. De esta manera se ha dado respuesta a los objetivos previstos, el que pretendía avanzar en la sistematización y detección de las experiencias de los poblados jesuitas-guaraníes, en el tiempo de su mayor esplendor, durante virreinato del Río de la Plata, aunque existen aún muchas más evidencias para relevar, destacar, preservar, etc.

Creemos necesario seguir avanzando en este sentido y continuar rescatando desde los estudios historiográficos las prácticas en relación al agua de los jesuitas en el área guaraní y pueblos afines.

Los antecedentes a los que tuvimos acceso, en torno a los sistemas de aprovechamiento del agua son, en general, acercamientos realizados de modo tangencial en los estudios e investigaciones de las reducciones jesuíticas, no constituyen los temas centrales de estudio y de investigación. Es necesario rescatar la existencia de algunos pocos artículos y tesis doctorales que refieren especialmente a la temática en estudio.

En este vasto universo jesuit-guaraní, destaca la experiencia de los 30 pueblos misioneros, de la orden religiosa católica de la Compañía de Jesús, fundados entre los siglos XVII y XVIII en torno a dos principales cursos hídricos que conforman la cuenca del Río de la Plata, los ríos Paraná y Uruguay, los que se localizan en las actuales provincias de Misiones y Corrientes en Argentina, Departamentos de Itapúa y Misiones en Paraguay y en el Estado de Río Grande do Sul, Brasil. Pervive en esas localidades, en la memoria cultural de los habitantes, y en el creciente interés de docentes e investigadores, autoridades civiles y académicas hacia los numerosos vestigios urbanos y arquitectónicos conservados, los documentos históricos, la calidad de los artefactos y la compleja combinación de elementos de las culturas, autóctona e ibérica, en relación a la concepción y aprovechamiento del agua. En estas culturas hidrosociales se verifican en las experiencias, procesos y resultados de las prácticas diversas y apropiadas que alcanzaron una gran calidad y un notable desarrollo comparativo respecto de otros poblamientos contemporáneos de ese periodo colonial, respecto de los hábitos de limpieza (cocción de alimentos, baño e higiene sanitaria), y respecto del cultivo, producción y consumo (y excedentes) de alimentos y la salud (pública) en los poblados guaraníes.

Otro aspecto muy significativo y vigente es que, los jesuitas no avanzaron hacia una especialización de la tecnología del agua sino más bien hacia un aprovechamiento integrado, conformando un verdadero sistema que comprendía su captación, transporte, almacenamiento, distribución y eliminación. Esta visión actualmente es destacada en la Encíclica Laudato SI (2015), en la que refiere a que:

La especialización propia de la tecnología implica una gran dificultad para mirar el conjunto. La fragmentación de los saberes cumple su función a la hora de lograr aplicaciones concretas, pero suele llevar a perder el sentido de la totalidad, de las relaciones que existen entre las cosas, del horizonte amplio, que se vuelve irrelevante.

Esto mismo impide encontrar caminos adecuados para resolver los problemas más

complejos del mundo actual, sobre todo del ambiente y de los pobres, que no se pueden abordar desde una sola mirada o desde un solo tipo de intereses (Papa Francisco, 2015: p87).

Estas sociedades diseñaban y construían de acuerdo a la singularidad del lugar en cada poblado (localización, ambiente y topografía, número de pobladores, entre otros aspectos relevantes), lo que requería una reingeniería permanente. Esta reflexión es sustentada por los numerosos documentos de la época, especialmente, las cartas anuas de los padres provinciales, donde sus instrucciones tenían el carácter de recomendaciones, las que debían adaptarse a la gente de los poblados, al ambiente y al lugar.

Rescatando a Corboz quien en su ensayo "El territorio como *palimpsesto*"¹⁹ afirmaba que: "(...). Los habitantes de un territorio nunca dejan de borrar y volver a escribir en el viejo libro de los suelos" Corboz (2001). Tal vez hoy podríamos decir lo mismo respecto a esa interacción jesuítico-guaraní durante más de 250 años, donde podemos identificar dos tipos de huellas, las arqueológicas y las denominadas huellas activas en el territorio y en la cultura que perviven en los usos actuales.

El análisis comparativo de dos fracciones de tiempo, el desarrollo alcanzando en las reducciones, considerándolo como el motor de los grandes cambios en la región, y su contraste con el momento actual, posibilita identificar por un lado los elementos culturales históricos coloniales y por otro los elementos culturales actuales. De esta comparación se deducen las huellas históricas²⁰.

Para nuestro interés en el aprovechamiento del agua, podemos señalar dos tipos de huellas, aquellas derivadas de las actividades realizadas por la cultura jesuítica/guaraní que en la actualidad son consideradas como vestigios o ruinas por no haber evolucionado posteriormente, denominadas huellas arqueológicas, y aquellas que tuvieron su origen en la civilización jesuítica/guaraní, se desarrollaron y afianzaron hasta la actualidad, denominadas huellas activas. Las respuestas hidrotécnicas de estas culturas las encontramos en huellas arqueológicas localizadas en los sitios de las reducciones. Es allí, donde podemos diferenciar tres tipos de huellas arqueológicas, la piedra tallada, las obras de infraestructura y las vías de comunicación.

En ambientes especialmente rurales se manifiestan como huellas activas ciertos procesos, comprensiones y respuestas técnicas que en la geografía cultural y en la memoria social permanecen vigentes, tales como la persistencia de toponimias guaraníes, localidades y poblaciones, parajes, paisajes, ambientes, caminos, pasos/puentes destinados al cruce de los ríos (Paraná, Paraguay y Uruguay), riachos, vertientes, esteros, lagunas, aguadas, bajos que mantienen denominaciones desde la época colonial hasta la actualidad.

Gutiérrez y Viñuales y sus numerosos discípulos, tratan sobre la permanencia de

19 antigua noción griega, latinizada, que se refiere a "un pergamino que de nuevo (*palin*), se raspaba (*psao*) para borrar lo que antes se había escrito o dibujado para reutilizarlo.

20 categoría descriptiva de las marcas impresas por el hombre a través del tiempo que perviven, con mayor o menor intensidad, en la época actual.

las tipologías de viviendas con cubiertas de techos a dos aguas con galerías, como ejemplo singular de la evolución de la vivienda de los indígenas a la vivienda típica de las reducciones en el área guaraníca. Estas viviendas y sus agrupamientos (colindantes por medianeras) y alineaciones ortogonales pueden identificarse en muchas localidades urbanas y rurales, especialmente de la provincia de Corrientes, Argentina y los Departamentos de Itapúa y Misiones, Paraguay. Estas tipologías tienen un área de captación del agua de lluvia, la que es canalizada a los aljibes, localizados en el área central de los patios de las viviendas.

Finalmente, sostenemos que muchas de esas respuestas relacionadas con el manejo del agua y las buenas prácticas hidrotécnicas son experiencias eficientes que podríamos y deberíamos rescatar y optimizar, retomando la sostenibilidad y sustentabilidad de las antiguas culturas hidrosociales. De esta manera, atenderíamos a la impostergable necesidad ambiental de reaprender lo olvidado; valorando y rescatando esas experiencias de enseñanza-aprendizaje que fuera sincretizado como una fáctica estrategia adaptativa en los pueblos jesuitas/guaraníes bajo la divisa "Ad Maiorem Dei Gloriam"²¹.

21 Para la Mayor Gloria de Dios: divisa de la Orden de la Compañía de Jesús.

Referencias

- Azara, Félix de (1990), Descripción general del Paraguay. Madrid: Alianza.
- Bartolomé, Leopoldo (2001), "Estudios de Antropología Ecológica", Estudios Regionales N° 19. Secretaría de Investigación y Postgrado, Facultad de Humanidades y Ciencias Sociales. Programa de Posgrado en Antropología Social. Universidad Nacional de Misiones. Posadas, Misiones.Argentina.s/p.
- Corboz, André (2001), Le Territoire comme Palimpseste et autres essais, París: Verdier.
- Custódio Luiz Antônio Bolcato (2010), Ordenamientos Urbanos y Arquitectónicos en el Sistema Reduccional jesuítico-guaraní de la Paracuaria. Tesis de doctorado, Curso en Historia del Arte y Gestión Cultural en el Mundo Hispánico, Sevilla: Universidad Pablo de Olavide, Disponible en: <https://arqueologiaupf.files.wordpress.com/2017/05/tesis-luiz-antonio-bolcato-custodio.pdf>. Consultada en septiembre de 2019.
- Furlong, Guillermo (1935). Cartografía Jesuítica del Río de la Plata. Buenos Aires: Peuser.
- Furlong, Guillermo (1961). Misiones y sus Pueblos de Guaraníes. Buenos Aires: Imprenta Balmes.
- Hoffmann, Werner (1973), Relación de Viaje a las misiones jesuíticas. Edición crítica de las obras del padre Antonio Sepp S. J., Buenos Aires: EUDEBA.
- Irigoyen, José (1994), Toponimia Guaraní en Corrientes. Instituto de Antropología "Juan B. Ambrosetti". Universidad de Concepción del Uruguay, Concepción del Uruguay, Entre Ríos Argentina. Disponible en: <https://www.iberlibro.com/Toponimia-guaran%C3%AD-Corrientes-Irigoyen-Jos%C3%A9-Miguel/16032890011/bd>. Consultado en mayo 2019.
- S.S. Francisco (2015), "Laudato Si" Carta Encíclica de S.S. Francisco sobre La Casa en Común", El Vaticano Disponible en: https://www.vatican.va/content/francesco/en/encyclicals/documents/papa-francesco_20150524_enciclica-laudato-si.html. Consultado en septiembre de 2019.
- Levinton, Norberto (2009), El Espacio Jesuítico-guaraní. La formación de una región cultural. Asunción, Paraguay: Universidad Católica de Asunción.
- Levinton, Norberto (2008), "El uso ciudadano del agua: una comparación entre Buenos Aires y las misiones jesuitas", en Carlos A. Page (Ed.) Educación y Evangelización. La experiencia de un mundo mejor. X Jornadas Internacionales Sobre Misiones Jesuíticas. Córdoba: Universidad Católica de Córdoba / Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica. Disponible en: <http://www.carlospage.com.ar/wp-content/2008/06/educacion-y-evangelizacion.pdf>. Consultado en mayo 2019.
- Gutiérrez, Ramón (1975), Evolución urbanística del Paraguay 1537-1911, Resistencia, Chaco, Argentina: Departamento de Historia de la Arquitectura, Universidad Nacional del Nordeste.

Gutiérrez, Ramón (2005), Historia Urbana de las Reducciones Jesuíticas Sudamericanas: Continuidades, Rupturas y Cambios Siglos XVIII a XX, , Resistencia, Chaco, Argentina; Departamento de Historia de la Arquitectura, Universidad Nacional del Nordeste.

Gutiérrez, Ramón (1984), Arquitectura y Urbanismo en Iberoamérica, Madrid: Ediciones Cátedra.

Maeder, Ernesto (1996), "Introducción". Cartas Anuas de la Provincia Jesuítica del Paraguay 1641-1643. Resistencia, Chaco, Argentina.:Universidad Nacional del Nordeste.

Maeder, Ernesto (1984), Cartas Anuas de la Provincia del Paraguay, 1637-1639. Resistencia, Chaco, Argentina: Universidad Nacional del Nordeste.

Maeder, Ernesto (1981), "Breve historia del Nordeste Argentino en sus relaciones con el Paraguay y Río Grande" en Folia Histórica N° 2, Resistencia, Chaco, Argentina:Universidad Nacional del Nordeste.s/p.

Maeder, Ernesto y Ramón Gutiérrez, (2010), Atlas Territorial y Urbano de las Misiones Jesuíticas de Guaraníes: Argentina, Paraguay y Brasil. Sevilla, España: Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico. con colaboración del Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional do Brasil (IPHAN)y. Junta de Andalucía. Consejería de Cultura.

Maeder, Ernesto y Ramón Gutiérrez (1994), Atlas Histórico del Nordeste Argentino, Resistencia, Chaco, Argentina:Universidad Nacional del Nordeste.

Maeder, Ernesto y Ramón Gutiérrez (1993). Las Misiones Jesuitas del Guayra. Buenos Aires: ICOMOS-UNESCO.

Mujica, Juan(1999, "Informe de las excavaciones realizadas en el recinto A-5. Letrinas de la reducción de Loreto, Misiones, Argentina", en VII Jornadas Internacionales sobre Misiones Jesuíticas, Resistencia, Chaco, Argentina:Universidad Nacional del Nordeste.

Pezzuto, Marcela (2016), "El espacio de las reducciones de la Provincia Jesuítica del Paraguay como construcción simbólica de la adaptación religiosa y socio-cultural", Journal de Ciencias Sociales, Vol4,N° 6. Disponible en : <https://repositorio.uca.edu.ar/handle/123456789/5223>. Consultado en septiembre de 2019.

Pini, Jorge y Esteban Carugo (1975), Las Ruinas de la Reducción de Nuestra Señora de Loreto, Posadas Misiones, Argentina: Universidad Nacional de Misiones.

Poenitz, Alfredo (1986), "Proceso de Ocupación Espacial y Poblamiento Misionero al sur del Río Miriñay (1769-1869)", Cuadernos de Geohistoria Nacional, N°18, Resistencia, Chaco, Argentina :Universidad Nacional del Nordeste.

Poenitz, Alfredo (1986), "El repoblamiento correntino de las antiguas

comunidades jesuíticas de La Cruz y Yapeyú”, en II Jornadas Internacionales sobre las Misiones Jesuíticas, Posadas, Misiones. s/p.

Poenitz, Alfredo (1981), “La Ruta Oriental de la yerba. Navegación y comercio en el alto río Uruguay”. Cuadernos de Estudios Regionales N°1, Concordia, Entre Ríos, Argentina: Instituto Regional de Investigaciones Científico-Culturales.

Ruiz Martínez-Cañavate, Pablo. (2017), Reducciones Jesuíticas del Paraguay. Tesis doctoral. Departamento de Historia del Arte. Universidad de Granada, Granada, España.

Ruiz de Montoya, Antonio (1989) [1639], Conquista Espiritual hecha por los religiosos de la Compañía de Jesús en las provincias de Paraguay, Paraná, Uruguay y Tape. Estudio preliminar y notas de E.JA. Maeder, Rosario, Argentina: Equipo Difusor de Estudios de Historia Iberoamericana.

Sánchez Negrete, Angela y María Valenzuela, (2012), “La incidencia del agua en la experiencia misional jesuítica guaraní”, en Congreso Memoria, Patrimonio y Cultura Viva. Actas de las XIV Jornadas Internacionales sobre Misiones Jesuíticas, s/p. San Ignacio de Velasco (Bolivia).

Sepp, Antonio (1971), Relación de Viaje a las Misiones Jesuíticas. Buenos Aires: EUDEBA.

Snihur, Esteban (2007). El Universo Misionero Guaraní: un territorio y un patrimonio
Buenos Aires: Golden Company.

Viñuales, María. “Misiones jesuíticas de guaraníes”, Apuntes Revista de Estudios sobre Patrimonio Cultural Vol20 N° 1 s/p. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1657-97632007000100007, Consultado en mayo de 2019.

Yampey, Giralda. (2010), Las Antiguas Costumbres Guaraníes. Corrientes, Argentina: Editora de la Universidad Nacional del Nordeste.

Yampey, Giralda. (2003), Mitos y Leyendas Guaraníes. Asunción, Paraguay: Editorial Manuel Ortiz Guerrero.

Yampey, Giralda. (1991) Sobre Mitos y Leyendas Guaraníes. Corrientes, Argentina: Editorial Ko'êju .



WATERLATGOBACIT