



water and landscape

AGUA y TERRITORIO

Número 21 · Enero - Junio 2023

ISSN 2340-8472 · ISSN-e 2340-7743 · DOI 10.17561/at.21



Patrimonio hidráulico y derecho humano al agua



Universidad de Jaén (España)

 **UJa**
EDITORIAL



Número 21 | Enero - Junio 2023

Patrimonio hidráulico y derecho humano al agua

<http://revistaselectronicas.ujaen.es/index.php/atma>

ISSN 2340-8472

ISSNe 2340-7743

DOI 10.17561/at.21

DL J-673-2013

Correo electrónico: revista-at@ujaen.es

Dirección postal:

Departamento de Economía

Edificio D3 - Despacho 120 Universidad de Jaén.

Campus Las Lagunillas, s/n

23071 JAÉN (ESPAÑA)

CONTACTO PRINCIPAL

Dr. D. Juan Manuel Matés-Barco

Dirección postal:

Departamento de Economía

Edificio D3 - Despacho 120

Universidad de Jaén

Campus Las Lagunillas, s/n

23071 JAÉN (ESPAÑA)

Tel. (+34) 953 212076

Correo electrónico: jmmates@ujaen.es

EDITA

UJA editorial. Universidad de Jaén (España)

<http://www10.ujaen.es/conocenos/servicios-unidades/servpub/inicio>

Dirección postal: UJA Editorial Edificio Biblioteca, 2ª planta

Universidad de Jaén Campus Las Lagunillas, s/n 23071 JAÉN

(ESPAÑA)

Tel.: (+34) 953 212355

Correo electrónico: editorial@ujaen.es

Contacto de soporte: Dr. D. Mariano Castro-Valdivia

Tel.: (+34) 953 212985

Correo electrónico: mcastro@ujaen.es

PROMUEVE

Seminario Permanente Agua, Territorio y Medio Ambiente

Dirección postal: Escuela de Estudios Hispano-Americanos (CSIC)

Calle Alfonso XII, 16. 41002 SEVILLA (ESPAÑA)

Correo electrónico: jraul.navarro@csic.es

Diseño logo y cabecera: Millena Lízia.

Estilos y maqueta: *Publicaciones Académicas*

Fotografía de la cubierta: *El Puentoin desde el Rabioin del*

Monasterio. Propiedad del Ayuntamiento de Cangas de Onís.

Autor: Santiago de la Vega.

Las opiniones y hechos consignados en los artículos son exclusiva responsabilidad de sus autores. La Universidad de Jaén y el Seminario Permanente Agua, Territorio y Medio Ambiente, no se hacen responsables de la autenticidad de los trabajos.

Los originales de la Revista son propiedad de la entidad editora. Es necesario citar la procedencia en cualquier reproducción parcial o total.

DIRECTOR

Juan Manuel Matés Barco, *Universidad de Jaén, España*

EDITOR

Jesús Raúl Navarro García, *Consejo Superior de Investigaciones Científicas, España*

SECRETARIO

Mariano Castro Valdivia, *Universidad de Jaén, España*

VICESECRETARIAS

Leticia Gallego Valero, *Universidad de Jaén, España*

María Vázquez Fariñas, *Universidad de Jaén, España*

CONSEJO DE REDACCIÓN

Alice Poma, *Universidad Nacional Autónoma de México, México*

Alicia Torres Rodríguez, *Universidad de Guadalajara, México*

Casey Walsh, *University of California, Santa Barbara, USA*

Cayetano Espejo Marín, *Universidad de Murcia, España*

David Soto Fernández, *Universidad de Santiago de Compostela, España*

Encarnación Gil Messeguer, *Univ. de Murcia, España*

Encarnación Moral Pajares, *Universidad de Jaén, España*

Fabiano Quadros Rückert, *Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Brasil*

Fábio Alexandre Dos Santos, *Universidade Federal de São Paulo, Brasil*

Inmaculada Simón Ruiz, *Universidad Autónoma de Chile, Chile*

Jesús Vargas Molina, *Universidad Pablo de Olavide, España*

Juan Infante Amate, *Universidad de Granada, España*

Olivia Topete Pozas, *Universidad Nacional Autónoma de México, México*

EDITORES DE RESEÑAS

Andrea Noria, *Universidad Autónoma de Chile, Chile*

Sergio Salazar, *Universidad Nacional de Colombia, Colombia*

REVISORES

Nathalia Claro Moreira, *Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Brasil*

Daniel Abud Marques Robbin, *Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Brasil*

Soënia Maria Pacheco, *Universidade Federal de Pernambuco, Brasil*

Santiago Prieto, *Universidad Nacional de La Plata, Argentina*

CONSEJO ASESOR

Alejandro Tortolero Villaseñor, *Universidad Autónoma Metropolitana de México, México*

Carlos Larrinaga Rodríguez, *Universidad de Granada, España*

Carmen Castañeda del Álamo, *Consejo Superior de Investigaciones Científicas, España*

Concepción Fidalgo Hijano, *Universidad Autónoma de Madrid, España*

Eloy Martos Núñez, *Universidad de Extremadura, España*

Francisco da Silva Costa, *Universidade do Minho, Portugal*

Guillermo Banzato, *Universidad Nacional de La Plata, Argentina*

Isabel María Román Sánchez, *Universidad de Almería, España*

Joaquín Melgarejo Moreno, *Universidad de Alicante, España*

Jorge Chinea, *Waine State University, Estados Unidos*

Jorge Olcina Cantos, *Universidad de Alicante, España*

Jorge Regalado Santillán, *Universidad de Guadalajara, México*

Julia Martínez Fernández, *Universidad Miguel Hernández, España*

Leandro del Moral Ituarte, *Universidad de Sevilla, España*

Léo Heller, *Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil*

Lucía De Stefano, *Universidad Complutense, España*

María Luisa Feijoo Bello, *Universidad de Zaragoza, España*

Nuria Hernández Mora, *Fundación Nueva Cultura del Agua, España*

Pilar Paneque Salgado, *Universidad Pablo de Olavide, España*

Roberto Bustos Cara, *Universidad Nacional del Sur, Argentina*

Simonne Teixeira, *Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Brasil*

Wagner Costa Ribeiro, *Universidad de São Paulo, Brasil*

Miscelánea

Miguel Martínez Monedero, Jaime Vergara Muñoz

El «Puente romano» de Cangas de Onís (Asturias, España) y la intervención de Luis Menéndez-Pidal (1940-1942): la recuperación del paisaje fluvial a través de la conservación del puente	5
---	----------

Mayelin González Trujillo, Rogelio García Tejera, María Teresa Duran Silveira, Celia Rosa Grau Cádiz

La influencia del uso del suelo en la vulnerabilidad de un acuífero en la cuenca hidrográfica San Juan, Cuba	21
---	-----------

Gonzalo Hatch-Kuri, José Joel Carrillo-Rivera

Conceptos científicos y sus implicaciones políticas en el manejo de las aguas transfronterizas México-Estados Unidos: ¿Acuífero transfronterizo o aguas subterráneas transfronterizas?	37
---	-----------

Karen Giovanna Añaños Bedriñana, Miguel Ruiz Carnero, José Antonio Rodríguez Martín

El derecho humano al agua en la Franja de Gaza (Palestina), desde una perspectiva de género y en el marco de los Objetivos de Desarrollo Sostenible	53
--	-----------

Antonio Gallegos Reina

Cambio en los patrones territoriales y análisis de inundabilidad y erodabilidad en cuencas de la provincia de Málaga, España (1956-2010)	69
---	-----------

Mariana Schmidt, Melina Tobías, Gabriela Merlinsky, Virginia Toledo López

Conflictos por el agua y el uso de agroquímicos en Salta y Santiago del Estero, Argentina: un análisis desde la ecología política	85
--	-----------

Monica Cardozo, Marcelo Bentes Diniz, Claudio Fabian Szlafsztein

Los servicios ecosistémicos de los recursos hídricos de la cuenca Amazónica como Bienes Públicos Globales	103
--	------------

Cristiane Matos da Silva, Otávio Noura Teixeira, Júnior Hiroyuki Ishihara

Uso de la Teoría de Juegos como herramienta para identificar y mitigar conflictos por el uso del agua en el área cubierta por la UHE Estreito - MA – Brasil	121
--	------------

José Andelfo Lizcano Caro, Ruben Medina Daza, Sylvia Lorena Serafín González,

Jesús Rodríguez Rodríguez, Mario Guadalupe González Pérez

Política tarifaria del agua potable: vulnerabilidad, regulación y sostenibilidad en el caso colombiano	135
---	------------

Reseñas bibliográficas

Facundo Rojas

QUADROS RÜCKERT, Fabiano, Fábio Alexandre dos SANTOS, Guillermo Banzato (coords.) 2021: <i>Aguas y políticas públicas en Argentina, Brasil y México</i>	151
--	------------

Normas de publicación / Journal policies	155
---	------------

Miscellany

Miguel Martínez Monedero, Jaime Vergara Muñoz

The “Roman Bridge” of Cangas de Onís (Asturias, Spain) and the intervention of Luis Menéndez-Pidal (1940-1942): the recovery of the river landscape through the conservation of the bridge _____ 5

Mayelin González Trujillo, Rogelio García Tejera, María Teresa Duran Silveira, Celia Rosa Grau Cádiz

The impact of land use on the vulnerability of an aquifer in the San Juan watershed, Cuba _____ 21

Gonzalo Hatch-Kuri, José Joel Carrillo-Rivera

Scientific concepts and their political implications in the management of Mexico-U.S. Transboundary water courses: Transboundary Aquifer or Transboundary Groundwater? _____ 37

Karen Giovanna Añaños Bedriñana, Miguel Ruiz Carnero, José Antonio Rodríguez Martín

The human right to water in the Gaza Strip from a gender perspective, in the framework of the Sustainable Development Goals _____ 53

Antonio Gallegos Reina

Evolution of the territory and analysis of flooding and water erosion between 1956 and 2010: case study in the province of Malaga (Spain) _____ 69

Mariana Schmidt, Melina Tobías, Gabriela Merlinsky, Virginia Toledo López

Conflicts over water and the use of agrochemicals in Salta and Santiago del Estero, Argentina: a political ecology analysis _____ 85

Monica Cardozo, Marcelo Bentes Diniz, Claudio Fabian Szlafsztein

Amazon Basin water resources ecosystem services on the approach of Global Public Goods _____ 103

Cristiane Matos da Silva, Otávio Noura Teixeira, Júnior Hiroyuki Ishihara

Use of Game Theory as a tool for identifying and mitigating conflicts over water use in the area covered by the Estreito HPP - MA - Brazil _____ 121

José Andelfo Lizcano Caro, Ruben Medina Daza, Sylvia Lorena Serafín González,

Jesús Rodríguez Rodríguez, Mario Guadalupe González Pérez

Drinking water tariff policy: vulnerability, regulation, and sustainability in the Colombian case _____ 135

Book reviews

Facundo Rojas

QUADROS RÜCKERT, Fabiano, Fábio Alexandre dos SANTOS, Guillermo Banzato (coords.) 2021: *Aguas y políticas públicas en Argentina, Brasil y México* _____ 151

Normas de publicación / Journal policies _____ 155

El «Puente romano» de Cangas de Onís (Asturias, España) y la intervención de Luis Menéndez-Pidal (1940-1942): la recuperación del paisaje fluvial a través de la conservación del puente

The “Roman Bridge” of Cangas de Onís (Asturias, Spain) and the intervention of Luis Menéndez-Pidal (1940-1942): the recovery of the river landscape through the conservation of the bridge

Miguel Martínez Monedero

ETS de Arquitectura
Universidad de Granada
Granada, Granada, España
miguel@mm-arquitectura.com
 ORCID: 0000-0003-2843-1403

Jaime Vergara Muñoz

ETS de Arquitectura
Universidad de Granada
Granada, Granada, España
jaimevergara3@gmail.com
 ORCID: 0000-0002-6215-6604

Información del artículo

Recibido: 1 junio 2021

Revisado: 12 noviembre 2021

Aceptado: 13 diciembre 2021

ISSN 2340-8472

ISSNe 2340-7743

DOI 10.17561/AT.21.6394

 CC-BY

© Universidad de Jaén (España).
Seminario Permanente Agua, Territorio y Medio Ambiente (CSIC)

RESUMEN

El “puente romano” de Cangas de Onís que ha llegado a nuestros días es fruto de la importante restauración que el arquitecto Luis Menéndez-Pidal realizó entre los años 1940 y 42. Con esta intervención consiguió recuperar el puente, su funcionalidad e imagen, respetando las modificaciones históricas que el arquitecto consideró valiosas y apropiadas para su conservación. En el artículo se analiza el procedimiento de restauración y se valora un resultado que fue clave para la reconciliación entre el paisaje fluvial y el territorio, por las repercusiones que tuvo en la mejora del acondicionamiento paisajístico del municipio. La metodología empleada en el estudio se apoya en tres ejes: el estudio histórico preliminar, como instrumento auxiliar del proyecto de restauración; el análisis y la interpretación, desde una perspectiva arquitectónica contemporánea, de la documentación técnica desarrollada en esos trabajos; y, por último, el estudio directo del puente y su entorno.

PALABRAS CLAVE: Puente, Restauración, Paisaje fluvial, Cangas de Onís, Menéndez-Pidal.

ABSTRACT

The “Roman bridge” of Cangas de Onís that has survived to the present day is the result of the important restoration works carried out by the architect Luis Menéndez-Pidal between 1940 and 1942. With these works Menéndez-Pidal managed to restore the bridge, its functionality and image, maintaining the historical alterations that the architect considered valuable and fitting for its conservation. The article analyses the restoration work’s procedure and assesses its final outcome, highlighting the positive impact that this project had in the municipality’s landscape by reconciling the river landscape and the territory. The methodology used in the study is based on three axes: the preliminary historical study, as an auxiliary instrument of the restoration project; the analysis and interpretation, from a contemporary architectural perspective, of the technical documentation developed in these works; and, finally, the study of the bridge itself and its surroundings.

KEYWORDS: Bridge, Restoration, River landscape, Cangas de Onís, Menéndez-Pidal.

Le «Pont romain» de Cangas de Onís (Asturies, Espagne) et l'intervention de Luis Menéndez-Pidal (1940-1942): la récupération du paysage fluvial à travers la conservation du pont

RÉSUMÉ

Le “pont romain” de Cangas de Onís, qui a survécu jusqu'à nos jours, est le résultat de l'importante restauration réalisée par l'architecte Luis Menéndez-Pidal entre 1940 et 1942. Avec cette intervention, il est parvenu à récupérer le pont, sa fonctionnalité et son aspect, en respectant les modifications historiques que l'architecte considérait comme précieuses et appropriées pour sa conservation. L'article analyse la procédure de restauration et évalue un résultat qui a été déterminant pour la réconciliation entre le paysage fluvial et le territoire, en raison des répercussions qu'il a eues sur l'amélioration du paysage de la commune. La méthodologie utilisée dans l'étude repose sur trois axes : l'étude historique préliminaire, en tant qu'instrument auxiliaire du projet de restauration ; l'analyse et l'interprétation, dans une perspective d'architecture contemporaine, de la documentation technique développée dans ces travaux ; enfin, l'étude directe du pont et de ses environs.

MOTS CLÉS: Pont, Restauration, Paysage fluvial, Cangas de Onís, Menéndez-Pidal.

A «Ponte Romana» de Cangas de Onís (Astúrias, Espanha) e a intervenção de Luis Menéndez-Pidal (1940-1942): a recuperação da paisagem fluvial através da conservação da ponte

RESUMO

A “ponte romana” de Cangas de Onís, que sobreviveu até hoje, é o resultado do importante restauro realizado pelo arquiteto Luis Menéndez-Pidal entre 1940 e 1942. Com esta intervenção ele conseguiu recuperar a ponte, a sua funcionalidade e imagem, respeitando as modificações históricas que o arquiteto considerou valiosas e apropriadas para a sua conservação. O artigo analisa o procedimento de restauração e avalia um resultado que foi fundamental para a reconciliação entre a paisagem fluvial e o território, devido às repercussões que teve na melhoria do paisagismo urbano do município. A metodologia utilizada no estudo baseia-se em três eixos: o estudo histórico preliminar, como instrumento auxiliar do projeto de restauro; a análise e interpretação, desde uma perspectiva arquitetônica contemporânea, da documentação técnica desenvolvida

nestas obras; e, finalmente, o estudo direto da ponte e dos seus arredores.

PALAVRAS-CHAVE: Ponte, Restauração, Paisagem fluvial, Cangas de Onís, Menéndez-Pidal.

Il «Ponte Romano» di Cangas de Onís (Asturie, Spagna) e l'intervento di Luis Menéndez-Pidal (1940-1942): il recupero del paesaggio fluviale attraverso la conservazione del ponte

SOMMARIO

Il “ponte romano” di Cangas de Onís che si è conservato fino ad oggi è il risultato dell'importante restauro realizzato dall'architetto Luis Menéndez-Pidal tra il 1940 e il 1942. Con questo intervento riuscì a recuperare il ponte, la sua funzionalità e la sua immagine, rispettando le modifiche storiche che l'architetto considerava preziose e appropriate per la sua conservazione. L'articolo analizza la procedura di restauro e valuta un risultato che è stato fondamentale per la riconciliazione tra il paesaggio fluviale e il territorio, come anche per le ripercussioni che ha avuto sul miglioramento del paesaggio del comune. La metodologia utilizzata nello studio si basa su tre assi: uno studio storico preliminare, come strumento ausiliario del progetto di restauro; un'analisi e un'interpretazione - da una prospettiva architettonica contemporanea - della documentazione tecnica sviluppata in questi lavori; e, infine, uno studio diretto del ponte e dei suoi dintorni.

PAROLE CHIAVE: Ponte, Restauro, Paesaggio fluviale, Cangas de Onís, Menéndez-Pidal.

Introducción

Una de las tareas primordiales en la recuperación de los paisajes fluviales es la restauración y conservación de los puentes. La intervención controlada en el paisaje, su transformación y la recuperación del patrimonio arquitectónico ligado a los ríos mejora la calidad de vida del entorno en el que se sitúan¹. En nuestro territorio nacional son muchos los puentes históricos que se han visto sometidos a trabajos de conservación, más aún en las últimas décadas. Gracias a estos proyectos contemporáneos de recuperación de entornos fluviales se ha establecido una adecuada relación entre estas infraestructuras ingenieriles; el reconocimiento de su pasado histórico; la valoración patrimonial de la arquitectura y el paisaje; y el mantenimiento de su función comunicativa entre ambas orillas. Estos puentes de origen histórico, algunos muy remotos en el tiempo, se han mantenido así durante siglos, ejerciendo esta positiva influencia en el entorno en el que se insertan. Y deben seguir cumpliendo su función, en el futuro².

Por la repercusión que tienen en el territorio, las obras de restauración de estos puentes históricos, en el momento contemporáneo, suelen ejecutarse bajo el criterio de consolidación, o mínima intervención, para conservar no sólo sus aspectos constructivos-estructurales sino su lectura histórica, como valores destacables y reconocibles. De ahí la trascendencia en matizar los sistemas constructivos que se van a emplear y sus características materiales, para que tengan en consideración las valoraciones: ambiental, histórica, urbana, paisajística y técnica.

Hoy en día, enfrentarse a una restauración de este tipo implica a efectos prácticos dos aspectos clave: uno, coordinar la participación de varias disciplinas y diferentes profesionales en un mismo ánimo; y dos, trabajar con datos científicos y técnicos avanzados que proporcionen una eficaz asistencia para su conservación³. Estas ayudas, ahora cotidianas en el ejercicio de la restauración arquitectónica, no estaban disponibles cuando a mitad del siglo XX se tuvieron que realizar aquellos importantes trabajos de restauración. No obstante, no fue condición para que estos encargos, ejecutados entonces, tuvieran un desarrollo adecuado, desde esa perspectiva contemporánea de cómo debe proceder una actuación de restauración sobre estos elementos.

Este artículo tiene como objetivo analizar la restauración de Luis Menéndez-Pidal y Álvarez sobre el “puente romano” de Cangas de Onís entre 1940 y 42. La metodología empleada se apoya en el estudio histórico preliminar, como base argumental de su proyecto de restauración; el análisis y la interpretación, desde una perspectiva arquitectónica contemporánea de la documentación original que se realizó y que se conserva en el Archivo General de la Administración (A.G.A.); y, por último, la observación directa y el estudio del puente y su entorno, como fuente básica de información para la identificación de las técnicas y materiales constructivos empleados en las diferentes intervenciones.

Queda fuera del ámbito artículo abordar, con detalle, la relación entre patrimonio y paisaje tal y como la entendía Menéndez-Pidal. Para ello necesitaríamos ampliar el estudio a otras restauraciones arquitectónicas suyas, que excederían el contenido de este trabajo. Pero sí podemos, no obstante, aproximarnos a su posicionamiento teórico a través del discurso de ingreso en la Academia de Bellas Artes, en 1956. Fue entonces cuando expuso cual había sido su modo de trabajar sobre los monumentos, y que se refleja –entre otros– en la intervención del Puente de Cangas de Onís.

Según Menéndez-Pidal, los valores de la arquitectura y el paisaje se relacionan entre sí, y se pueden acrecentar desde esa misma relación⁴. Esta idea, sobre la que recientemente se ha trabajado y teorizado, tanto en su correlación con el patrimonio⁵, como en los aspectos perceptivos y estéticos⁶, no era por aquellos años un argumento muy desarrollado.

Destacaba también, en su discurso, el interés que ofrecían las distintas etapas históricas del monumento, entendidas como una superposición de estratos arqueológicos que se relacionan entre sí con coherencia. La valoración del paso del tiempo, y la pátina de la historia, hacía aflorar otros valores paisajísticos que era necesario apreciar⁷.

La sensibilidad que demostró nuestro arquitecto hacia la conservación del paisaje natural que rodeaba al monumento fue abordada con el mismo celo y libertad de transformación, en busca de la adecuada percepción conjunta de ambos aspectos. Así quedó demostrado con numerosos ejemplos, entre los que destacan los de Santa María del Naranco (Asturias, 1929-34), Santa María

¹. Durán Vian, Serrano-Martínez y Pons Izquierdo, 2018, 420.

². Fernández Troyano, 1985, 15.

³. Arrúe Ugarte, 2000, 15-42.

⁴. Menéndez-Pidal y Álvarez, 1956, 19.

⁵. Mata Olmo, 2010, 31-73. Fernández Salinas, 2013.

⁶. Maderuelo, 2005; 2020.

⁷. Menéndez-Pidal y Álvarez, 1956, 21-22.

de Bendones (Asturias, 1958-71), o San Salvador de Valdediós (Asturias, 1953-72), donde pequeñas actuaciones en su entorno natural acomodaron y controlaron la contemplación del monumento⁸.

Antecedentes

Luis Menéndez-Pidal y Álvarez fue uno de los protagonistas de la restauración arquitectónica del patrimonio español durante el siglo XX y en concreto durante la etapa franquista⁹. Desde el comienzo de su actividad profesional en 1920, hasta 1975, año de su fallecimiento, desarrolló un ingente trabajo de restauración arquitectónica en la parte noroccidental de la península, en una época determinante para la reconstrucción y conservación. En sus 55 años de ejercicio profesional, Menéndez-Pidal restauró cerca de 200 edificios, en sus distintos cargos dentro de la Administración, pero fundamentalmente como Arquitecto Conservador de Monumentos de la Primera Zona (1941-75).

El conocido “Puentón” se levanta sobre el río Sella a su paso por Cangas de Onís, separando este Concejo del vecino Parres, en la otra orilla. Aunque es popularmente llamado el “Puente romano” su construcción es

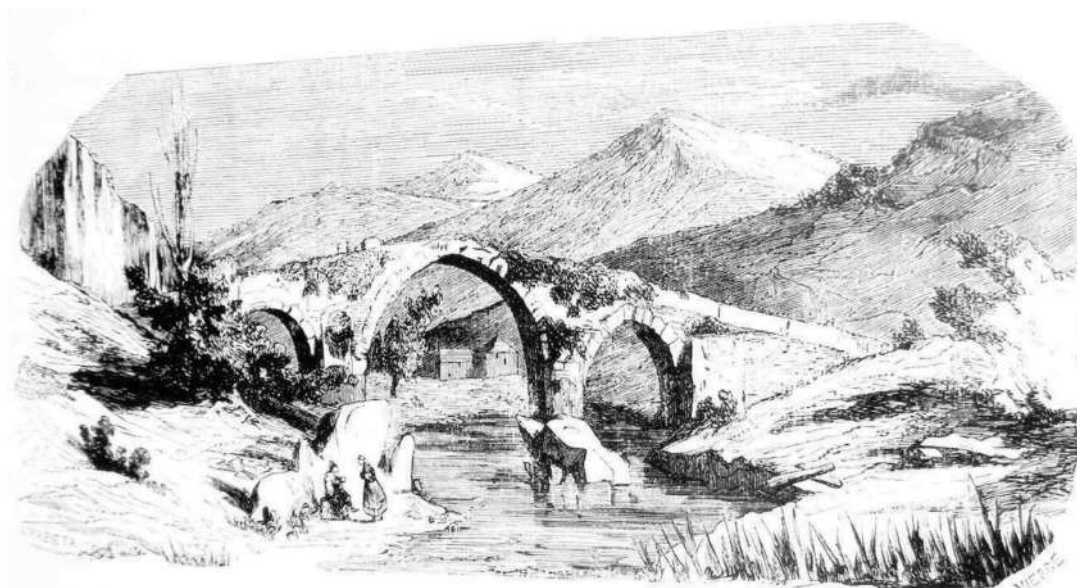
en su mayor parte medieval¹⁰, de tiempos de Alfonso XI de Castilla. Pues el actual puente se asienta sobre otro mucho más antiguo que se remontaría a la época romana. Este paso fluvial se situaba sobre la antigua calzada que unía las localidades de Lucus Asturum (actual Lugo de Llanera, cerca de Oviedo) y Portus Victoriae (actual Santander).

El lugar fue testigo del levantamiento de Pelayo contra la ocupación musulmana, y aquel puente romano, anterior al actual, pudiera haber sido utilizado para el paso del ejército de Alkama, camino de su derrota en Covadonga. También habría contemplado los primeros años del reino de Asturias, cuando Cangas de Onís fue capital del incipiente reino de España e inicio de la Reconquista.

El puente ha sido reparado en varias ocasiones a lo largo de su historia (Figura 1), pero solo queda constancia evidente de la penúltima, llevada a cabo a finales del s. XIX por el Ayuntamiento de Cangas, según está referido en la lápida situada en el mismo puente y que aún puede leerse: “Gran reparación de este puente por el Municipio de Cangas de Onís año de 1876”.

Por estos años, poco tiempo después de esta importante restauración, dejó de prestar servicio carretil, gracias a la construcción de un nuevo puente moderno, de

Figura 1: Grabado de la imagen del puente en el s. XIX, por Daniel Urrabieta Ortíz y Vierge



Fuente: Escalera, 2002, 129.

⁸. Menéndez-Pidal y Álvarez, 1956, 32-33.

⁹. Martínez-Monedero, 2007, 8-23.

¹⁰. Durán Fuentes, 1996, 168.

jácenas de hormigón armado, próximo al anterior, en su lado norte y que actualmente recibe la carretera rodada (N-625). En 1931, durante la 2ª República, fue declarado Monumento Histórico Artístico¹¹. Fue en la década de los 40, pasada la Guerra Civil, la siguiente restauración de gran calado, llevada a cabo por el arquitecto Luis Menéndez-Pidal, entre los años 1940 y 1942, y que constituye el objeto de investigación del presente artículo.

Como quiera que sea, el puente y el concejo de Cangas de Onís han guardado una simbología especial en el acervo cultural de Asturias y España, que el franquismo quiso utilizar convenientemente en su particular “Reconquista”. En 1939, inmediatamente después de la Guerra Civil y un año antes del inicio de la restauración de Luis Menéndez-Pidal, se colocó en la clave de su gran arco central, con la parafernalia propia al momento histórico en el que se situaba, la popular Cruz de la Victoria¹², coincidiendo con el regreso de la imagen de la Virgen de Covadonga desde París.

La ubicación del puente, al pie del incomparable paraje natural de Covadonga, en los Picos de Europa, y la simbología que ha adquirido en el patrimonio cultural de la región, hacen de él uno de los iconos de Asturias. Su imagen forma parte del escudo de Cangas de Onís, junto a la Cruz de *carbayu* (roble) sobre la media luna invertida que recuerda la victoria de don Pelayo en la batalla de Covadonga, con la siguiente leyenda: *Minima urbium, maxima sedium* (Mínima urbe, máxima sede).

La década de los cuarenta y la figura de Luis Menéndez-Pidal en el panorama de la arquitectura nacional

La década de los 40 supone un umbral de gran importancia en la trayectoria del arquitecto Luis Menéndez-Pidal que es conveniente resaltar antes de pasar a la discusión sobre la restauración del puente de Cangas de Onís. Menéndez-Pidal había sido uno de los arquitectos destacados en los años de la Guerra Civil y en la inmediata posguerra. En su calidad militarizada, con grado de teniente, había actuado con solvencia en la defensa del patrimonio arquitectónico de Asturias.

En 1941 Menéndez-Pidal recibió el nombramiento de Arquitecto Conservador de Monumentos de la Pri-

mera Zona¹³, dentro del Servicio de Defensa del Patrimonio Artístico Nacional, tras una breve etapa como Comisario de la Cornisa Cantábrica¹⁴. Desplazaba así al arquitecto hasta entonces responsable de esta Zona, Alejandro Ferrant, que era enviado a la Cuarta¹⁵. Esto suponía su consagración definitiva en el panorama nacional de la restauración arquitectónica en aquel importantísimo momento de reconstrucción, dentro del conocido periodo autárquico. Una “reconstrucción nacional” que se prolongaría, por diversos motivos, hasta mediada la década de los 60 y la llegada del desarrollismo.

A partir de entonces, Menéndez-Pidal mantendría bajo su tutela la totalidad de monumentos de las provincias de Asturias, León, Zamora, La Coruña, Lugo, Orense y Pontevedra; en la zona más amplia del territorio español. Menéndez-Pidal era el responsable de su conservación directa y gestionaba, a su conveniencia, las inversiones para su restauración.

Con su nuevo escalafón, Pidal no solamente adquiría una más amplia responsabilidad, sino que obtenía una libertad de planteamientos inigualable en la restauración arquitectónica de aquellos años. Sus proyectos, a partir de entonces, habrían de ser concebidos y presupuestados bajo su propio criterio, quedando únicamente a falta de la aprobación de la “Superioridad” (tal y como se refería a las instancias administrativas superiores entonces) para ponerlos en práctica. La libertad de planteamientos que atesoraba se veía únicamente limitada por el “servicio” a los ideales del régimen, que no era poco, y por el mantenimiento de los criterios que habían presidido los primeros años de reconstrucciones sobre el patrimonio, en la inmediata posguerra. No cabían por tanto planteamientos renovadores, ni mucho menos las referencias a la moderna escuela de restauración europea. El aislamiento internacional condicionaba la imposición de unos criterios de restauración en los que se imponía, como una suerte de mantra, la idea de “reconstrucción”. No ya como un concepto arquitectónico, sino como una idea fundamental en el nuevo ideario político nacional, que tenía su traslación directa al ámbito de la restauración arquitectónica.

En esta coyuntura, Menéndez-Pidal supo aprovechar esa situación para introducir posturas revisionistas en los monumentos, que pretendían devolver el mejor es-

¹¹. BIC 4/6/31. Código (R.I.) -51-0000800-00000

¹². Martín, 2011, 10-11.

¹³. Martín, Sánchez y Blanco-Soler, 2017, 50.

¹⁴. Martínez-Monedero, 2010, 65

¹⁵. Canet Guardiola, 2014.

tado al edificio restaurado¹⁶. Sus intervenciones, salvo excepciones, quedaron al margen de la denuncia responsable y “científica” del hecho de la degradación motivada por el paso del tiempo o la guerra, e hizo primar el “valor artístico” y la monumentalidad sobre cualquier entendimiento histórico crítico. No fue extraña esta actitud, pues años más tarde sucedería algo similar cuando los países afectados por la 2ª Guerra Mundial hubieron de superar la destrucción de sus cascos históricos.

Hay, no obstante, más factores que entran en consideración. En aquella España, la escasez de medios materiales, los reducidos presupuestos de obras y la ausencia de referencias internacionales, debidos a la autarquía, eran argumentos característicos de aquel largo periodo¹⁷ en el que se sitúa la restauración del puente de Cangas de Onís. No obstante, hubo un reducido número de arquitectos que, por motivos diversos, fueron capaces de combinar con habilidad la necesaria lealtad ideológica al régimen y el desempeño de una arquitectura (inclúyase también la restauración arquitectónica) de cierta calidad, a pesar de (o gracias a) los escasos medios disponibles. Y que fue capaz de restañar la maltrecha arquitectura española, en muchas ocasiones, con buenos resultados.

El ejemplo de Cangas de Onís pudiera clasificarse, con justicia, entre las afortunadas restauraciones ejecutadas en aquel complicado momento. Esa escasez material, en la que la ausencia de recursos limitaba el uso (o abuso) de hormigón armado y acero laminado fue sin duda un argumento beneficioso para tantos monumentos reconstruidos entonces. En ellos el empleo de procedimientos tradicionales, mediante el uso de morteros de cal, sillerías y mamposterías del lugar, la reutilización de sillares y mampuestos, los encimbrados leñosos, o el mantenimiento de las cimentaciones existentes, fueron la tónica del momento. Tal y como puede verse en las imágenes del proceso constructivo (Figuras 3, 4 y 5) y en las memorias, presupuestos y pliegos de condiciones de los proyectos técnicos. Procedimientos tradicionales que la crítica contemporánea sobre restauración arquitectónica ha defendido como los más adecuados para la restauración de la arquitectura histórica, y que encuentran, como defiende Paolo Marconi, en la razón constructiva propia al monumento la mejor solución técnica para su restauración¹⁸.

Estado del puente a la llegada del arquitecto

A principios del siglo XX, el “Puente romano” de Cangas de Onís tenía una imagen bastante lejana a la que actualmente se puede contemplar (revisadas las fotografías de Otto Wunderlich y Celestino Collada en el Archivo General de la Administración, y las imágenes de 1937 que se conservan en la Biblioteca Nacional de España)¹⁹. Había sido seriamente modificado en su transcurrir por el tiempo, desde su origen romano y reconstrucción medieval, variando la disposición de ojos, pilas, fábricas y aliviaderos. Los tres ojos centrales constituían las únicas partes del puente que se encontraba totalmente descubiertas, estando el resto cegado o parcialmente oculto bajo la tierra de labor, en su mayor parte en su lado occidental, y que se había ido acumulando en sus paramentos. No obstante, por los difíciles años cuarenta de la posguerra española, el puente seguía siendo el único modo de atravesar las aguas del río Sella para los vecinos de Cangas y Parres, por lo que la funcionalidad del monumento se añadía a su valor patrimonial.

Del alarmante estado que presentaba el puente en 1940 nos informa el mismo Pidal cuando dice en su Memoria²⁰:

“En el curso de los tiempos el Puente había sufrido continuas modificaciones, que le han desfigurado, habiendo sido rehechos todos los arcos apuntados que hoy tiene el Puente, (...). También se fueron cegando los arcos valiéndose de paredes construidas con mampostería; todavía está oculto así el arco más inmediato a la orilla de la Villa; sustituyendo en otras partes la fábrica de sillería por la más corriente de mampostería, etc.”²¹.

Sobre las pilas centrales y sus tajamares se intuían, según el arquitecto, unos antiguos arcos de medio punto, aliviaderos para las crecidas, y que habían sido cegados aparentemente por cuestiones estructurales. Menéndez-Pidal defendía que las modificaciones medievales le habían trocado la forma de los tres arcos centrales en arcos apuntados. Se reconocía perfectamente, no obstante, su característico alzado alomado, con su cúspide en el centro del arco principal, situado en el segundo arco por el este. Esto le confería una característica asimetría deudora de su adaptación al territorio y que sigue manteniendo.

¹⁶. Menéndez-Pidal y Álvarez, 1956.

¹⁷. González Varas, 1999, 306-312.

¹⁸. Marconi, 1999.

¹⁹. AGA, 33, F,00237,12: 004, 005, 007 y 010; BNE. Sala Goya GC-Caja/45/11.

²⁰. Menéndez-Pidal y Álvarez, 1941b.

²¹. Menéndez-Pidal y Álvarez, 1942, 3.

Todo el puente se hallaba construido con sillares de piedra arenisca de menudo despiece, menos en el intradós de las bóvedas de sus ojos, de mampostería. Las fábricas presentaban por doquier, según Menéndez-Pidal, importantes fisuras y grietas que manifestaban a las claras la necesidad de actuaciones de restauración. La calzada superior, de doble pendiente y tres metros de anchura, se hallaba solada con empedrado irregular, de morrillo de río y lajas alargadas sentadas en el centro de la calzada, formando así una canal rehundida para facilitar el desagüe²².

Menéndez-Pidal añade además que: la pila adosada al estribo oriental del primer arco “había desaparecido completamente” y una profunda grieta corría por su bóveda; la fábrica de todos sus paramentos, en general, se veía con elementos desplazados; aparecían sillares rotos en los arranques de los arcos centrales, en sus zonas más solicitadas, lo que aumentaba el riesgo de su estabilidad; la cara sur del puente era la peor conservada; dos arcos del puente aparecían ciegos, y otro desplazado; igualmente estaban cegados los arcos aliviaderos, sobre las pilas, adosados a los frentes de los machos; y finalmente, las fábricas, de sillería y mampostería, por lo general aparecían disgregadas.

En definitiva, la relación que hace el arquitecto no deja lugar a dudas y justifica la llamada urgente que realiza el Ayuntamiento de Cangas en 1940 solicitando

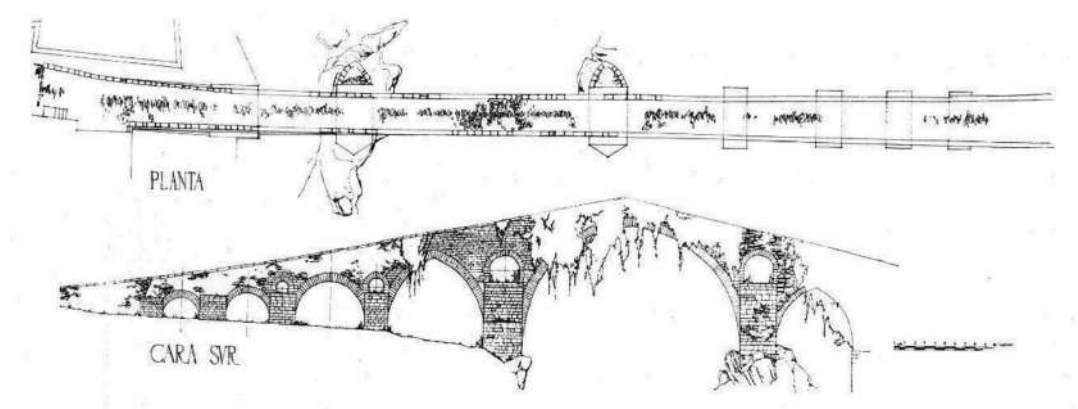
la presencia del Arquitecto de la Administración responsable de la conservación de los monumentos de esa zona.

Actuaciones previas a la restauración

El puente, que entonces se hallaba, como se ha dicho, en gran parte oculto por tierra de labranza, fue comenzado a liberarse por cuenta del Ayuntamiento de Cangas a finales de ese año de 1940 y durante la primera mitad del siguiente. Menéndez-Pidal siguió con atención estas primeras excavaciones. Aunque no fuera el arquitecto director de ellas, sí era el encargado de las actuaciones sobre los monumentos de Asturias, como Comisario de la Zona Cantábrica que era entonces, a la cual se adscribía la provincia asturiana²³. Además, Cangas era una población muy cercana a su lugar de origen (Pajares) y distintos lazos amistoso-familiares le empujaban a atender con celo este monumento²⁴.

Durante las primeras excavaciones comenzaron a aparecer partes ignotas de gran interés. Lo que llevó a Menéndez-Pidal a solicitar la reserva de crédito suficiente para iniciar una campaña de restauraciones de más calado. Esto lo relata el mismo arquitecto en su primer proyecto de restauración sobre el monumento, que firmó pocos meses después de estos hallazgos, en junio de 1941²⁵ (Figura 2).

Figura 2: El puente de Cangas de Onís, proyecto de restauración de Luis Menéndez-Pidal



Fuente: Menéndez-Pidal, 1941a.

²² Menéndez-Pidal y Álvarez, 1954, 93.

²³ Martínez-Monedero, 2008.

²⁴ García Cuetos, 1999.

²⁵ Menéndez-Pidal y Álvarez, 1941a; 1941b.

El creciente interés por este monumento, fundamentado en lo que quedaba entonces aún oculto, hacía albergar grandes resultados a su restauración. La cual se adivinaba ya como la herramienta necesaria para no solo recuperar el valor histórico-artístico del puente sino para acrecentarlo. Todo pasaba, en inicio, por la excavación y lectura arqueológica de lo que saliera a la luz y la consolidación general de su construcción.

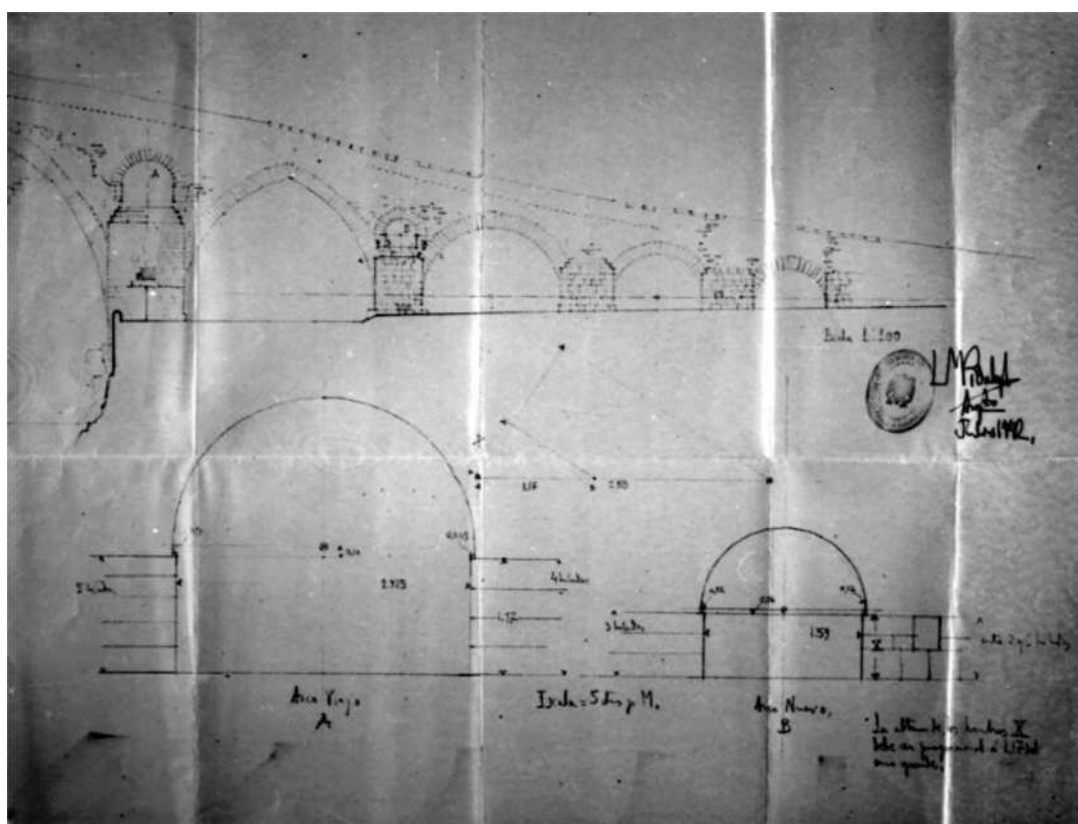
Otro hecho añade interés a este proyecto. En 1941 Menéndez-Pidal fue nombrado Arquitecto Conservador de los Monumentos de la 1ª Zona, a la cual se adscribía Asturias²⁶. Su nueva responsabilidad le facultaba para proponer a esta Superioridad las actuaciones que, en su juicio, considerase apropiadas, como lo fue esta.

1941-1942, Proyectos y obras de restauración

La intervención de Menéndez-Pidal pretendió, según declara en su primer proyecto de restauración²⁷, restablecer y afianzar el “puente romano” desde la recuperación de lo que él entendía como su “imagen medieval”, manteniendo, pues era necesario, la funcionalidad de la infraestructura para Cangas y respetando las modificaciones históricas que el arquitecto consideraba dignas para su conservación (Figura 3).

Tras las solicitudes pertinentes a la Superioridad, las obras se realizaron de manera vertiginosa a partir de 1941. Con cuatro expedientes, en solo dos años, se consiguió completar la restauración del puente, con un Menéndez-Pidal que presentaba siempre gran disponibilidad cuando sus proyectos se localizaban en su Asturias natal.

Figura 3: El puente de cangas de Onís, proyecto de restauración (1942). Se aprecian las anotaciones y cálculos para la recomposición de los ojos desmontados, los 3 últimos de su lado oeste



Fuente: Menéndez-Pidal y Álvarez, L. 1941a; 1941b.

²⁶. García Cuetos y Esteban Chapapría, 2007.

²⁷. Menéndez-Pidal y Álvarez, 1941a; 1941b.

Su intervención sobre el puente de Cangas tuvo como resultado la recuperación satisfactoria de lo que puede entenderse como su “aspecto medieval”, que descubre el mismo arquitecto gracias a sus campañas previas de desmontes y excavaciones. Para ello, Menéndez-Pidal, una vez más, actúa desde la lectura arqueológica de las fábricas del monumento en el estado en que lo encuentra, acude a las fuentes documentales, a la tradición popular y elabora, conforme a todo ello, un proyecto de restauración que pretende una imagen de mayor valor ambiental-arquitectónico, y que en este caso coincidía con lo que el arquitecto consideró la etapa prístina medieval. Introdujo, no obstante, y como era habitual en su proceder, algunas modificaciones, como se verá. Estas añadían, según Menéndez-Pidal, más coherencia y valor al monumento. En su Memoria de 1941 decía²⁸:

“Al operar en el Puente, se han descubierto las antiguas estructuras, que corresponden sin duda a sus partes originales, donde se emplea siempre el arco de medio punto para todas sus bóvedas. Este descubrimiento pone de manifiesto una estructura más en armonía con el nombre de “Puente Romano” con que le distinguió el pueblo siempre”.

La zona oriental del puente aparecía relativamente bien conservada, salvo por la disgregación de las fábricas. Su perfil arquitectónico era aproximado a lo que podía entenderse por su “imagen primitiva”; excepción hecha de sus arcos apuntados que, según Menéndez-Pidal, habían sido en origen de medio punto.

Este hecho no constituyó un argumento para la revisión “estilística” de sus apuntamientos. Ya que, si bien afirmaba que fueron de medio punto, los apuntados fueron respetados. Al arquitecto no se le escapaba que su corrección estilística hubiera sido realizada mediante un desmonte de sillares hartamente complicado, con importantes riesgos constructivo-estructurales para el monumento. Además, el ligero apuntamiento de sus tres arcos centrales formaba ya parte de la imagen tradicional del puente, y Menéndez-Pidal no era ajeno a este argumento.

El problema estaba, claramente, en la vertiente occidental del puente. El desmonte de las tierras de labor, aparte de descubrir dos nuevos arcos hasta entonces ocultos, proporcionó las claves arqueológicas necesarias para sacar a la luz lo que parecía ser la forma prístina de todo el conjunto. Menéndez-Pidal, a través de la lectura de las fábricas que poco a poco salían

a la luz y de la aplicación de ciertas lógicas rítmicas (habituales en la construcción de puentes), detecta un nuevo arco oculto, el cuarto (desde oriente), cuya fábrica, dice Menéndez-Pidal, es moderna, al encontrarse los restos de los salmeres en las tapiadas fábricas. Sus cuitas habían comenzado con la certidumbre de que el ritmo de los ojos del puente indicaba, con cierta lógica, que en ese lugar se debía haber encontrado primitivamente un arco. El resto de arcos contiguos, también semienterrados, más occidentales, fueron apareciendo. Pero, finalmente, adosado al último de ellos (el más occidental), donde dice Menéndez-Pidal que debía haber estado ese séptimo arco, entonces cegado, no encontró definitivamente sus trazas y no se reconstruyó (Figuras 4, 5 y 6).

La parte oriental, en cambio, conservaba su aspecto dentro de una relativa “pureza geométrica”, pues el terreno en este lateral es muy rocoso y abrupto y no dio pie a la sedimentación natural, como sucedió en el lado occidental.

Menéndez-Pidal actuó, de este modo, consolidando el lateral oriental y remodelando el occidental, por medio de su reconstrucción, con el objetivo de recuperar una imagen del conjunto más acabada y coherente. La reconstrucción de la zona occidental se realizaría mediante el desmontado, desplazado y reconstrucción de sus arcos, pilas y aliviaderos, en los lugares que el arquitecto consideró debían haber estado, según sus deducciones. A la par que reconstruía el alzado e imagen general del puente, con su característico alomado, su pretil y la calzada superior, que también fueron desmontados.

Las obras constructivas comenzaron en junio de 1941, cuando se realizó la primera inversión estatal²⁹, pues hasta entonces las excavaciones de las tierras adosadas habían sido del todo sufragadas por el Ayuntamiento de Cangas. Durante estas primeras obras, en este mismo año, se construirían los nuevos ojos, que junto con los existentes sumaban un total de seis, y que son finalmente con los que ha pasado ya al imaginario de este enclave.

Tras los desmontes del terreno y los apeos oportunos, se comenzó con la consolidación general de sus fábricas, en las caras norte y sur del lado oriental. La meridional estaba sensiblemente más dañada que la septentrional, y fue necesaria la doble aportación de mampostería careada, aplicada con mortero de ce-

²⁸. Menéndez-Pidal y Álvarez, 1942.

²⁹. Menéndez-Pidal y Álvarez, 1941a; 1941b.

Figura 4. El puente de Cangas de Onís durante los trabajos de encimbrado y reconstrucción de los arcos occidentales. Luis Menéndez-Pidal junto a la 2ª pila desde la derecha, con boina



Fuente: Menéndez-Pidal y Álvarez, 1954.

Figura 5. Trabajos de encimbrado del arco apuntado del lateral occidental (Luis Menéndez-Pidal junto a la pila, a la derecha, con boina)



Fuente: Menéndez-Pidal y Álvarez, 1954.

mento. En un primer momento se actuó sobre las zonas que habrían de mantener su fisonomía, esto es, las más orientales; liberando las occidentales de esta reparación, ya que en ellas se realizaría su desmonte y total reconstrucción. En este primer expediente, con la incertidumbre aún de la magnitud de la operación, se realizó el importante acopio de sillería (mampostería careada y ordinaria, y rajuela) que habría de completar la restauración completa del puente.

Las primeras actuaciones afectaron también al recalzo general de las pilas, también con mampostería (esta vez ordinaria), con mortero de cemento. La rajuela fue utilizada en la reparación de los tres arcos conservados, que presentaba daños generales de fisuras, algunas grietas y el desgaste habitual por el paso del tiempo.

La consolidación del sector oriental fue realizada a la par que se procedía al desmontado del sector más occidental. Tras el desmonte, se realizaron los apeos y encimbrados en los lugares donde se reconstruyeron los tres nuevos arcos (ver imágenes).

Cabe deducir, aunque no lo especifique en su memoria, que el desmontaje completo del lado occidental permitió la recomposición de la traza de este lateral. La

Figura 6. Reconstrucción de la fábrica con sillería bien y reconstrucción de pretilos con la mampostería del puente reutilizada



Fuente: Menéndez-Pidal y Álvarez, 1954.

nueva forma de este lado fue trazada por el arquitecto conforme a su criterio y deducciones. Los arcos y pilas occidentales fueron así redibujados bajo el ritmo marcado por los arcos aún existentes, donde se tomó de referencia la proporción que presentaba el cuarto arco, contiguo a la zona reconstruida. Así fueron trazados los tres nuevos arcos, según una sencilla relación proporcional, con la medida indicada por aquel.

Inmerso en la ejecución de estos trabajos, los nuevos arcos fueron reconstruidos, según Menéndez-Pidal siguiendo las trazas señaladas por los restos del dovelaje original descubiertos entre las modernas fábricas. Recurre con ello, a su particular “metodología arqueológica”³⁰, que aplicaba en los casos en los que era necesario una deducción para completar la forma reconstruida.

Sin embargo, para conseguir una mayor pureza, los nuevos arcos se levantaron de medio punto, y no apuntados como los tres centrales. Estos tres nuevos arcos fueron reducidos gradualmente en tamaño, basándose en el decrecido continuo del alomado puente y tomando como referencia los existentes.

Las pilas, tajamares y aliviaderos fueron también reconstruidos, tomando como referencia igualmente los testigos existentes. E igualmente fueron abiertos los arcos aliviaderos, también de medio punto, en las partes consolidadas occidentales, concebidos supuestamente iguales a los originales.

Las obras se sucedieron, sin solución de continuidad, durante los dos expedientes de 1941 y los dos de 1942³¹. Si bien los dos primeros proyectos no aluden a la reconstrucción de los arcos occidentales, en los dos siguientes ya se contemplan todas las medidas necesarias de apeos y encimbrados “que garantizan la estabilidad del conjunto y permita operar libremente en las zonas que se reconstruyen y en otras que se restauran”³². Los nuevos arcos fueron rehechos mediante fábrica de mampostería careada y de sillería en las boquillas. La rajuela de piedra caliza se aplicó en las bóvedas, con mortero mixto.

Como se ha comentado, el último arco de la serie, el séptimo, al final del puente ya en su descanso sobre el terreno, no fue finalmente reconstruido, como parece ser había sido la primera apuesta del arquitecto.

³⁰. Caballero Zoreda, 1987, 13-58.

³¹. Menéndez-Pidal y Álvarez, 1942.

³². Menéndez-Pidal y Álvarez, 1942.

Menéndez-Pidal no hizo comentario alguno en sus Memorias de proyecto del porqué de esta decisión, cuando todo hacía indicar que del mismo modo que había reconstruido los tres arcos perdidos, podía haber hecho lo mismo con un cuarto. Más parece que las cuitas del arquitecto no estaban del todo claras y se abstuvo, prudentemente, de reconstruir algo de lo que no tenía datos ciertos.

Al mismo tiempo que se realizaban las labores anteriores, se continuaron el repaso y rejuntado de los sillares de los arcos viejos, enlechando con cemento aquellas partes que aparecían movidas o disgregadas.

La última fase de los proyectos sobre el puente, de julio de 1942³³, tras la consolidación de la parte oriental y la reconstrucción de arcos, pilas y aliviaderos de la parte occidental, aborda la reconstrucción de los pretils y la calzada. El nuevo pretil del puente se realizó con mampostería careada de piedra caliza, canto rodado y mortero mixto, rematando la coronación con losas de sillería irregular. Para la calzada se utilizó enchado de piedra en su base, y morrillo de río y lasjas alargadas, con mortero mixto, en su pavimento. Se reprodujo la antigua canal rehundida que facilitaba el

desagüe, un detalle importante para el arquitecto que mantenía la imagen medieval de la calzada además de funcionar muy bien para la evacuación de las aguas pluviales.

Por último, se finalizaron las labores de consolidación general de todas las fábricas que no habían sido reconstruidas, por medio de sillarejo y mampostería careada de piedra caliza; y se terminó con las inyecciones de cemento en todas las partes basamentales que aparecían movidas o agrietadas, “para dar solidez y asegurar así la permanencia del monumento” (Figura 7).

Sobre su filiación constructiva y otras cuestiones técnicas

En 1958, aproximadamente 10 años después del fin de las obras, el puente fue argumento de un interesante artículo de investigación publicado en Informes de la Construcción por el Ingeniero de Caminos Carlos Fernández Casado. Quien estudió con más precisión aspectos técnicos que puso en relación con su origen histórico y que vienen al caso³⁴.

Figura 7. El puente de Cangas de Onís en 1943, tras su restauración. El cuidado del arquitecto por conseguir una imagen “entonada” le llevó a conservar las enredaderas que embellecen la lectura del puente



Fuente: Menéndez-Pidal y Álvarez, 1954.

³³. Menéndez-Pidal y Álvarez, 1942.

³⁴. Fernández Casado, 1958, 3.

Fernández Casado duda del origen medieval de sus fábricas y le atribuye una construcción romana, ateniéndose a su forma constructiva y estructural. Defiende que su vano único sobre el cauce del río, de medio punto con su ligero apuntamiento y destacado sobre el resto de vanos, es característico de esta arquitectura y conforme a otros modelos coetáneos (como son los puentes de: Santo Adriano, Luco, Reparacea, Cangas de Tineo, Guijo de la Granadilla, San Andrés, Valdestillas, Rumblar, Arroyo de Cagánchez, Cubo y Gibraltar)³⁵:

El tercer tipo de puente romano que anunciábamos en los capítulos anteriores se define por su función, no por su época. Corresponde al puente de vano único o, por lo menos, único importante, que, al ser de medio punto, alza considerablemente la calzada sobre el río, aunque arranque tomando como cuerda el nivel mismo de aguas medias. Al establecer las rasantes de enlace con el camino antes y después del cauce resulta el perfil fuertemente alomado, que se ha tomado como típicamente medieval, aunque creemos que los puentes agrupados en este capítulo muestran su origen romano.

Además, argumenta que su alomado perfil y apuntamiento, sus rasgos más característicos, pudieran provenir de varios motivos, como son: funcionales, para elevarse acusadamente sobre el cauce de un río tan caudaloso como el Sella; religiosos, pues la elevación y apuntamiento del vano central fuera motivado por una intención religiosa (que no precisa); estéticos, por los cuales el tamaño desproporcionado del arco central, en relación a los laterales, exige un desempeño mucho mayor de los medios auxiliares como la cimbra, que no puede reutilizarse, al tener directrices y proporciones distintas; y finalmente una última justificación de carácter técnico, pues la construcción de un arco apuntado exige una destreza menor para la cimbra, la sillería del dovelaje y el cierre de la clave que si esta fuera circular, cuya necesidad técnica sería mayor (para obtener una adecuada geometría semicircular).

Ciertamente el apuntamiento del arco central es muy bajo y casi podría decirse que es un arco de medio punto. Ha sido la representación histórica de este puente, en sus distintas imágenes, unas tomadas del natural y otras copiadas (Figura 1), las que han ido amoldando esa imagen apuntada del arco central, más en consonancia con ambos arcos laterales, estos sí, claramente apuntados. El propio levantamiento de Menéndez-Pidal

(Figura 2) dibuja con precisión su perfil, tras los datos obtenidos de su medición, y se comprueba que el arco central es básicamente de medio punto, con un ligerísimo apuntamiento, que encuentra su argumento más fiable, como dice Fernández Casado³⁶, en motivos técnicos de ejecución.

Esta interpretación es consecuente con la restauración que Menéndez-Pidal realiza en los años 40. Pues uno de los argumentos fundamentales en los que se apoya es el respeto del perfil alomado del puente y su apuntamiento, provenientes de la destacada geometría del arco central sobre los dos laterales, que el arquitecto destaca como elementos característicos a conservar. Este respeto no es casual, pues es recogido con detalle en la memoria del proyecto. Por último, es significativo el hecho de que los arcos laterales, los que quedaban cubiertos por la tierra de labor como dice el arquitecto, son rehechos con arcos de medio punto, con sillería bien aparejada y una geometría renovada que solo reutiliza, en este caso, los pilas basamentales de la anterior construcción (Figura 2).

Conclusiones

La intervención de Menéndez-Pidal sobre el puente de Cangas de Onís significó la recuperación del monumento conforme a un supuesto “estado original”, que fue interpretado por el arquitecto mediante sus investigaciones y deducciones. Esto fue posible gracias a la reconstrucción de sus tres arcos occidentales, ocultos por las tierras de labranza, y la consolidación generalizada de los otros tres arcos, los centrales, que mantuvieron su imagen apuntada y su perfil alomado tradicional. Ambos rasgos fueron respetados por el arquitecto como rasgo característico del puente, al margen de su posible origen histórico, ya fuera medieval o romano.

Las obras de restauración abordaron también la reconstrucción de pilas, tajamares y aliviaderos que se habían perdido a lo largo de su historia. Y, finalmente, se reforzó la cimentación en algunos puntos, para dar mayor consistencia al basamento del puente.

La recuperación de esta imagen medieval, escogida por Menéndez-Pidal como imagen ideal a la que aproximarse a través de la restauración, fue posible gracias al entendimiento del mecanismo constructivo-estructural del puente y a su devenir histórico. Consiguió, a la par, la reconstrucción de sus partes arruinadas y el res-

³⁵. Fernández Casado, 1958, 1-28.

³⁶. Fernández Casado, 1958, 6.

peto a las diversas modificaciones que el puente había tenido en su largo discurrir por la historia.

De este modo, Menéndez-Pidal recuperó lo que supuso era el modo de construcción original y que coincidía, según su criterio, con su etapa medieval. Los testigos de los nuevos ojos que habían aparecido, con motivo de las excavaciones y desmontes, fueron reconstruidos en arcos de medio punto, más acorde a su origen románico y una supuesta “autenticidad formal”.

Su intervención fue, en definitiva, muy cuidadosa con el paisaje fluvial en el que se inserta el puente, además de ser coherente con su lógica constructiva y estructural. Lo que puede constituir su mayor logro. Hoy en día, pasados 80 años desde esta restauración, la lectura de sus paramentos nos permite aún la sutil distinción entre las aportaciones realizadas en estos años

y los restos originales, mantenidos satisfactoriamente por el arquitecto. Esa sutil diferenciación integrada, entre partes originales y reconstruidas, nos permite apreciar estéticamente el conjunto del puente, integrado en su bello entorno natural (Figura 8).

La última restauración fue realizada por el Servicio de Patrimonio Histórico y Cultural, en 2007, y dirigida por los arquitectos Ignacio San Marcos y Miguel Capellán. La intervención consistió en eliminar toda la vegetación invasora y la costra biogénica que dañaban la fábrica y ocultaban las diferentes fases constructivas del monumento. Que se haya mantenido, como parte fundamental de su discurrir por la historia, la intervención que hiciera en los años 40 Menéndez-Pidal, nos hace valorar positivamente lo hecho entonces.

Figura 8. El puente de Cangas de Onís



Fuente: Fotografía de Álvaro Campos (<https://www.acampos.es>)

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arrúe Ugarte, B.** 2000: “Aportación de la historia del arte a la Metodología de estudio y catalogación de puentes”. *Artígrama*, (15), 15-42.
- Caballero Zoreda, L.** 1987: “El método arqueológico para la comprensión del edificio. Dualidad sustrato-estructura”, en *Curso de mecánica y tecnología de los edificios antiguos*. Madrid (España), Colegio de Arquitectos de Madrid (COAM), 13-58.
- Canet Guardiola, M.** 2014. *Los trabajos de Alejandro Ferrant Vázquez en Cataluña como arquitecto conservador de la Cuarta Zona 1940-1976*, tesis doctoral, Universitat Politècnica de València, Valencia (España). <https://doi.org/10.4995/Thesis/10251/48469>

- Durán Fuentes, M.** 1996: “Puentes romanos peninsulares: tipología y construcción”, en *Actas del Primer Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, Madrid, 19-21 septiembre 1996. Madrid, Instituto Juan de Herrera (CEHOPU), 167-178.
- Durán Vian, F., Serrano-Martínez, M. & Pons Izquierdo, J. J.** 2018: “Recuperación del paisaje fluvial y su revalorización social: el caso de Arévalo (Ávila)”. *Boletín De La Asociación De Geógrafos Españoles*, (78), 419-443. <https://doi.org/10.21138/bage.2719>
- Escalera, E.** 2002: *Crónicas del Principado de Asturias. (Ed. facsimil de 1865)*. Valladolid (España), Editorial Maxtor.


- Fernández Casado, C.** 1958: "Historia del puente en España". *Informes de la Construcción*, 10 (97), 81-108. <https://doi.org/10.3989/ic.1958.v10.i097.5620>
- Fernández Salinas, V.** 2013: "Los paisajes de interés cultural de Asturias". *Ería*, (91), 129-149. <https://reunido.uniovi.es/index.php/RCG/article/view/9994> Consultado el 15 de abril de 2021.
- Fernández Troyano, L.** 1985: "El patrimonio histórico de las obras públicas y su conservación: los puentes". *Informes de la Construcción*, 37 (375), 5-55. <https://doi.org/10.3989/ic.1985.v37.i375.1795>
- García Cuetos, M. P.** 1999: *Historia y restauración, el prerrománico asturiano*. Oviedo (España), Editorial Suave.
- García Cuetos, M. P. y Esteban Chapapría, J.** 2007: *Alejandro Ferrant y la conservación monumental en España (1929-1939). Castilla y León y la primera zona monumental*. Castilla y León (España), Junta de Castilla y León, Consejería de Cultura y Turismo.
- González Varas, I.** 1999: *Conservación de bienes culturales*. Madrid (España), Ediciones Cátedra.
- Maderuelo, J.** 2005: *El Paisaje. Génesis de un concepto*. Madrid (España), Abada Editores.
- Maderuelo, J.** 2020: *El espectáculo del mundo, Una historia cultural del paisaje*. Madrid (España), Abada Editores.
- Marconi, P.** 1999. *Materia e significato. La questione del restauro architettonico (Grandi opere)*. Roma (Italia), Editorial Laterza.
- Martin, J.** 2011: "Puentes". *Historia de Iberia Vieja*, 61, 10-11.
- Martín, J., Sánchez, A. y Blanco-Soler, S.** 2017: "Los arquitectos conservadores de zona". *Anales de Edificación*, 3 (3), 41-54. <http://dx.doi.org/10.20868/ade.2017.3677>
- Martínez-Monedero, M.** 2007. "Las restauraciones arquitectónicas de Luis Menéndez-Pidal arquitecto de la Primera Zona". *Loggia, Arquitectura & Restauración*, (20), 8-23 <https://doi.org/10.4995/loggia.2007.3202>
- Martínez-Monedero, M.** 2008: *La confianza del método: Luis Menéndez-Pidal*. Valladolid (España), Departamento de Publicaciones Universidad de Valladolid.
- Martínez-Monedero, M.** 2010: *Castilla y León y la 1ª Zona Monumental 1938-1975*. Madrid (España), Junta de Castilla y León, Dirección General de Patrimonio y Bienes Culturales.
- Mata Olmo, R.** 2010: "La dimensión patrimonial del paisaje. Una mirada desde los espacios rurales", en Maderuelo, J. (Ed.), *Paisaje y patrimonio*. Madrid, Abada, 31-73.
- Menéndez-Pidal y Álvarez, L.** 1941a: "Proyecto de restauración del Puente Antiguo de Cangas de Onís. Obras generales (primera fase)". Archivo General de la Administración (A.G.A), C-71.068.
- Menéndez-Pidal y Álvarez, L.** 1941b: "Proyecto de restauración del Puente Antiguo de Cangas de Onís. Pretilos calzada (segunda fase)". Archivo General de la Administración (A.G.A), C-71.068.
- Menéndez-Pidal y Álvarez, L.** 1942: "Proyecto de restauración del Puente Antiguo de Cangas de Onís. Paramentos, pretilos y calzada". Archivo General de la Administración (A.G.A), C-71.068.
- Menéndez-Pidal y Álvarez, L.** 1954: *Los monumentos de Asturias, su aprecio y restauración desde el pasado siglo*. Oviedo (España), Instituto de Estudios Asturianos (IDEA).
- Menéndez-Pidal y Álvarez, L.** 1956 "El arquitecto y su obra en el cuidado de los monumentos", en *Discurso de ingreso en la Real Academia de BB. AA. de San Fernando el 27 de mayo de 1956. Y contestado por D. José Yáñez Larrosa*. Madrid (España), Ediciones Altamira Talleres Gráficos.

La influencia del uso del suelo en la vulnerabilidad de un acuífero en la cuenca hidrográfica San Juan, Cuba

The impact of land use on the vulnerability of an aquifer in the San Juan watershed, Cuba

Mayelin González Trujillo

Universidad de Oriente
Santiago de Cuba, Cuba
mtrujillo@uo.edu.cu

 ORCID: 0000-0003-1661-9206


Rogelio García Tejera

Universidad de Oriente
Santiago de Cuba, Cuba
rogelio.garcia@uo.edu.cu

 ORCID: 0000-0002-5929-1450

María Teresa Duran Silveira

Delegación de Recursos Hidráulicos
Santiago de Cuba, Cuba
teresa@stg.hidro.gob.cu

 ORCID: 0000-0001-6355-0489

Celia Rosa Grau Cádiz

Universidad de Oriente
Santiago de Cuba, Cuba
celia.rosa@crearq.cu

 ORCID: 0000-0002-1183-0064

Información del artículo

Recibido: 31 marzo 2021

Revisado: 4 julio 2021

Aceptado: 12 diciembre 2021

ISSN 2340-8472

ISSNe 2340-7743

DOI 10.17561/AT.21.6263

 CC-BY

© Universidad de Jaén (España).
Seminario Permanente Agua, Territorio y Medio Ambiente (CSIC)

RESUMEN

El presente artículo aborda un problema ambiental en la cuenca hidrográfica San Juan, en la provincia Santiago de Cuba. El objetivo fue evaluar la vulnerabilidad del acuífero San Juan bajo las afectaciones del uso del suelo. Los métodos empleados son el análisis documental y el Groundwater confinement, Overlaying strata and Depth groundwater (GOD), la vulnerabilidad por exposición y fragilidad ambiental, representados en un Sistema de Información Geográfica (SIG). Los resultados evidencian una propuesta metodológica adaptada que permite determinar la vulnerabilidad de acuíferos y analizar las afectaciones por el uso del suelo, aportando una herramienta útil en la toma de decisiones. El mapa de vulnerabilidades muestra que el acuífero está sometido a vulnerabilidad alta y moderada, siendo el área acuífera una zona en conflicto de usos del suelo, con un crecimiento urbano desordenado, usos de contaminantes potenciales, como vertido de residuales domésticos, hospitalarios, industriales, porcinos y de cultivos varios.

PALABRAS CLAVES: Acuíferos, Cuencas hidrográficas, Gestión de recursos hídricos, Vulnerabilidad hídrica, GIS.

ABSTRACT

This article deals with an environmental problem in the San Juan watershed, in the province of Santiago de Cuba. The objective was to evaluate the vulnerability of the San Juan aquifer under the effects of land use. The methods used are documentary analysis and Groundwater confinement, Overlaying strata and Depth groundwater (GOD), vulnerability by exposure and environmental fragility, represented in a Geographic Information System (GIS). The results show an adapted methodological proposal that allows determining the vulnerability of aquifers and analyzing the effects of land use, providing a useful tool for decision making. The vulnerability map shows that the aquifer is subject to high and moderate vulnerability; the aquifer area is a zone in conflict of land uses, with a disorderly urban growth, potential contaminant uses, such as dumpings of domestic, hospital, industrial, swine and various crops.

KEYWORDS: Aquifers, Watersheds, Water resources management, Water vulnerability, GIS.

L'impact de l'utilisation des terres sur la vulnérabilité d'un aquifère dans le bassin versant de San Juan, Cuba

RÉSUMÉ

Cet article traite d'un problème environnemental dans le bassin hydrographique de San Juan, dans la province de Santiago de Cuba. L'objectif était d'évaluer la vulnérabilité de l'aquifère de San Juan sous les effets de l'utilisation des terres. Les méthodes utilisées sont l'analyse documentaire et le *Groundwater confinement, Overlaying strata and Depth groundwater* (GOD), la vulnérabilité par exposition et la fragilité environnementale, représentée dans un Système d'Information Géographique (SIG). Les résultats montrent une proposition méthodologique adaptée pour déterminer la vulnérabilité des aquifères et analyser les effets de l'utilisation des terres, fournissant un outil utile pour la prise de décision. La carte de vulnérabilité montre que l'aquifère est soumis à une vulnérabilité élevée et modérée, étant la zone de l'aquifère une zone en conflit d'utilisation des terres, avec une croissance urbaine désordonnée, les utilisations de polluants potentiels, tels que le déversement de domestiques, hospitaliers, industriels, les porcs et diverses cultures.

MOTS CLÉS: Aquifères, Bassins versants, Gestion des ressources en eau, Vulnérabilité de l'eau, SIG.

O impacto do uso do solo na vulnerabilidade de um aquífero na bacia hidrográfica de San Juan, Cuba

RESUMO

Este artigo trata de um problema ambiental na bacia hidrográfica de San Juan, na província de Santiago de Cuba. O objetivo era avaliar a vulnerabilidade do aquífero de San Juan sob as expectativas de uso do solo. Os métodos utilizados são a análise documental e o Confinamento das Águas Subterrâneas, Estratos Sobrepostos e Águas Subterrâneas Profundas, a vulnerabilidade por exposição e fragilidade ambiental, representada num Sistema de Informação Geográfica. Os resultados mostram uma proposta metodológica adaptada para determinar a vulnerabilidade dos aquíferos e analisar os efeitos do uso da terra, proporcionando um instrumento útil para a tomada de decisões. O mapa de vulnerabilidade mostra que o aquífero está sujeito a uma vulnerabilidade elevada e moderada, sendo a área aquífera uma zona em conflito com o uso da terra, com um crescimento urbano desordenado,

usos de potenciais poluentes, tais como o despejo de poluentes domésticos, hospitalares, industriais, suínos, e várias culturas.

PALAVRAS-CHAVE: Aquíferos, Bacias hidrográficas, Gestão de recursos hídricos, Vulnerabilidade hídrica, SIG.

L'impatto dell'uso del suolo sulla vulnerabilità di un acquifero nello spartiacque di San Juan, Cuba

SOMMARIO

Questo articolo tratta un problema ambientale nel bacino idrografico di San Juan, nella provincia di Santiago de Cuba. L'obiettivo era quello di valutare la vulnerabilità della falda acquifera di San Juan sotto gli effetti dell'uso del suolo. I metodi utilizzati sono l'analisi documentaria e il *Groundwater confinement, Overlaying strata and Depth groundwater* (GOD), la vulnerabilità per esposizione e fragilità ambientale, rappresentata in un Geographic Information System (GIS). I risultati mostrano una proposta metodologica adattata per determinare la vulnerabilità degli acquiferi e analizzare gli effetti dell'uso del suolo, fornendo un utile strumento per il processo decisionale. La mappa di vulnerabilità mostra che l'acquifero è soggetto a vulnerabilità alta e moderata, essendo l'area dell'acquifero una zona in conflitto di uso del suolo, con una crescita urbana disordinata, usi di potenziali inquinanti, come scarico di rifiuti domestici, ospedalieri, industriali, suini, e colture varie.

PAROLE CHIAVE: Acquiferi, Spartiacque, Gestione delle risorse idriche, Vulnerabilità dell'acqua, GIS.

Introducción

La protección y conservación de los recursos hídricos es una de las metas y retos más importantes de la humanidad, y las cuencas hidrográficas adquieren el papel fundamental, ya que en ellas se producen problemáticas medioambientales que pueden generar impactos negativos en la cantidad y calidad de estos recursos.

De aquí que se abogue por la integración en la gestión de los recursos hídricos¹, ya que proporciona una herramienta para el desarrollo de los mismos, a través de un balance que incluye las necesidades económicas, sociales, políticas y ambientales en función de las características del territorio y de sus gobiernos². El análisis se centra en la cuenca hidrográfica, ya que es una unidad morfológica integral y de planificación territorial útil para la gestión de sus recursos. Este sistema integra los componentes físicos, biológicos y antropogénicos que determinan los usos del suelo: bosques, pastizales, humedales, zonas agrícolas y áreas urbanas³.

Durante las últimas décadas, el cambio y uso indiscriminado del suelo y la falta de un adecuado ordenamiento territorial, producto de avances urbanísticos sin control, han provocado en las cuencas hidrográficas cambios significativos, que pueden manifestarse en alteraciones del paisaje y diferentes usos en un mismo espacio geográfico, lo que concurre en conflictos por el uso del suelo, elementos que influyen directamente en el comportamiento del ciclo hidrológico⁴ y de los recursos hídricos.

Los conflictos del uso del suelo se producen por la discrepancia entre el uso que debería tener la tierra (suelo) por su capacidad de oferta ambiental y el uso actual al que se expone por las actividades humanas. Estas situaciones causan impactos ambientales negativos, los cuales son más peligrosos en las cercanías de las corrientes hídricas, ya que pueden afectar su calidad⁵.

En función de estos conflictos se hace necesario el análisis del ordenamiento de estas áreas, profundizando en los impactos generados, con la finalidad de lograr una mayor sustentabilidad del territorio⁶. Respecto al ordenamiento, el conocimiento geográfico se considera un elemento base para analizar en un espacio determi-

nado el comportamiento del medio ambiente, donde se manifiesta la sociedad con sus conflictos, que conlleva a la percepción de riesgos⁷ y al análisis de las vulnerabilidades, en especial la de los recursos hídricos y sus acuíferos⁸.

La perspectiva metodológica esclarece que el análisis de vulnerabilidades es uno de los procedimientos más utilizados en la gestión y manejo de los recursos hídricos. Se destacan varios métodos para la evaluación de la contaminación hidrogeológica, con sus propias limitaciones y exigencias en cuanto al tipo de datos adecuados⁹, como es el GOD¹⁰, DRASTIC¹¹, EPIK (es un método paramétrico desarrollado para acuíferos cársticos)¹², AVI¹³, SINTACS¹⁴ y el método conocido como RISK (método multicriterio para cartografiar la vulnerabilidad de acuíferos cársticos)¹⁵.

El concepto de vulnerabilidad hidrogeológica considera las características propias de los estratos (intrínsecas) que separan la zona no saturada de la saturada¹⁶, muestra dónde el acuífero es más vulnerable, pero la vulnerabilidad también depende de factores como las diversas condiciones de cobertura y uso del suelo, la actividad del hombre¹⁷ y los efectos del cambio climático, de aquí que se haga necesario introducir variables que analicen estas vulnerabilidades. En este aspecto, se propone una metodología que determina la vulnerabilidad por exposición, fragilidad y capacidad de adaptación y respuesta de fenómenos naturales¹⁸. En cuanto a los criterios, la vulnerabilidad por fragilidad y por exposición que ofrecen estas, forman parte de la base metodológica para esta investigación.

Los sistemas de información geográfica son herramientas que poseen la capacidad de simplificar la recolección de datos, la caracterización y los análisis de las cubiertas del suelo, sus usos y sus variaciones en distintos periodos de tiempo¹⁹. Sirven también para la representación y modelación espacial de las vulnerabilidades, en una cartografía que permite representar las áreas o zonas donde el acuífero es más vulnerable

1. Murillo, 2019.

2. García y Herrera, 2019.

3. Peña et al., 2011.

4. Olivares, López y Lobo, 2019.

5. Alfaro, 2018.

6. Yael, Zulaica y Vazquez, 2020.

7. Bayón y Padilla, 2020

8. Gómez et al., 2019.

9. Gárfias et al., 2017.

10. Foster, 1987.

11. Aller et al., 1987.

12. Doerfliger, Jeannin y Zwahlen, 1999.

13. Van Stempvoort, Evert y Wassenaar, 1993.

14. Civita, 1994.

15. Valcarce et al., 2020.

16. Gómez et al., 2019.

17. Albornoz y González, 2017.

18. Vera y Albarracín, 2017.

19. Yael, Zulaica y Vazquez, 2020.

y que, de presentarse un vertimiento, lo expondría a la contaminación²⁰. Además, permiten trabajar con bases de datos geo-referenciadas que pueden ser actualizadas y admiten el monitoreo del comportamiento de las variables que inciden en las vulnerabilidades.

El estudio de caso de esta investigación se llevó a cabo en la cuenca hidrográfica San Juan, que está ubicada en la isla de Cuba –en Santiago de Cuba–, donde se dispone del único acuífero de la ciudad, el cual abastece a una población aproximada de sesenta mil habitantes. Es una cuenca de interés industrial y agropecuario, donde se producen frutas de magnífico sabor y predominan las granjas de ganado vacuno y porcino. Además, cuenta con especies de flora y fauna autóctonas y una de las tradiciones santiagueras, que data desde la época de los indios (en la zona del Caney), el baño en las aguas del río San Juan el 24 de junio.

Esta cuenca tiene establecido un Programa de Gestión Integrada y está considerada por el Consejo Nacional de Cuencas Hidrográficas en Cuba, como de interés provincial; y por su importancia como fuente de abasto a la ciudad, valor económico, paisajístico, cultural e histórico, se está valorando que sea de interés nacional.

En un estudio realizado sobre este programa, se plantea que en la gestión del mismo “...aún prevalecen enfoques sectoriales, bajo cumplimiento de las normas jurídicas asociadas al ordenamiento territorial y los sistemas de gestión ambiental urbanos y empresariales constituyen alto riesgo jurídico para su gestión integrada”²¹.

Asimismo, entre los problemas ambientales que la afectan se encuentra el uso inadecuado del suelo, el incremento urbanístico, poblacional y de actividades productivas (industrias, servicios sociales y agropecuarios, entre otros), la falta de un sistema de alcantarillado competente, que provoca el vertido de las aguas residuales directo al suelo sin previo tratamiento y con insuficiencias en su sistema de gestión. Estos problemas afectan al acuífero y lo hacen vulnerable a la contaminación, aspecto muy marcado en los últimos tiempos²².

Por lo anterior, el presente estudio evalúa la vulnerabilidad del acuífero San Juan bajo las afectaciones del uso del suelo. Dado que la vulnerabilidad está en función de la exposición, la fragilidad y la capacidad de adaptación y respuesta, se propone estimar la vulnerabilidad en función de estos factores, con el fin de

obtener elementos científicos que permitan orientar el proceso de toma de decisiones en la gestión integrada de esta cuenca hidrográfica, en función de la protección del acuífero.

Metodología

La evaluación de la vulnerabilidad es de los primeros pasos que se realizan para la implementación de programas en la gestión de los recursos hídricos y protección de acuíferos. Una de las tareas más importantes es la selección del método a aplicar. En este aspecto se debe considerar el grado de detalle de la evaluación, la información existente de la zona en estudio y el objetivo a perseguir.

De los métodos que se utilizan para determinar la vulnerabilidad hidrogeológica, el DRASTIC y el SINTACS permiten obtener una mejor definición de la vulnerabilidad por sus estudios de detalle, pero requieren un mayor número de parámetros²³, lo que complica el proceso en regiones con poca información. En cambio, el GOD, que es un método sencillo y sistemático, simplifica la evaluación y permite hacer una primera valoración en función de la planificación para la conservación y uso adecuado del acuífero.

No obstante, la vulnerabilidad hidrogeológica se aborda desde el punto de vista del recurso, evaluando sus características intrínsecas naturales, no así de los usuarios, por lo que no considera los usos del suelo, la acción del hombre²⁴ ni el comportamiento de los efectos del cambio climático dentro de los parámetros de su evaluación. Por ello, se hace necesario evaluar también la vulnerabilidad específica o vulnerabilidad ambiental, producto de las acciones antrópicas y por cambios climáticos.

De este modo, se presenta una propuesta metodológica integradora, compuesta de tres etapas: 1) búsqueda y procesamiento de la información, 2) cálculo de la vulnerabilidad hidrogeológica aplicando el método GOD (*Groundwater confinement, Overlaying strata and Depth groundwater*)²⁵ y 3) cálculo de la vulnerabilidad global por exposición y fragilidad ambiental que permiten el análisis de influencias del uso del suelo sobre el acuífero.

En la primera etapa se recopilan los documentos, informes técnicos, cartografías, mapas y bases de datos necesarios para el análisis cualitativo, aplicando el mé-

²⁰. Rizo, 2017.

²¹. Alarcón et al., 2019, 241.

²². Calderín et al., 2019

²³. Auge, 2007.

²⁴. Rizo, 2017.

²⁵. Rizo, 2017. Gómez et al., 2019.

todo de análisis de documentos y los métodos de análisis-síntesis e inducción-deducción en todo el proceso de determinación de las vulnerabilidades y análisis de influencias²⁶.

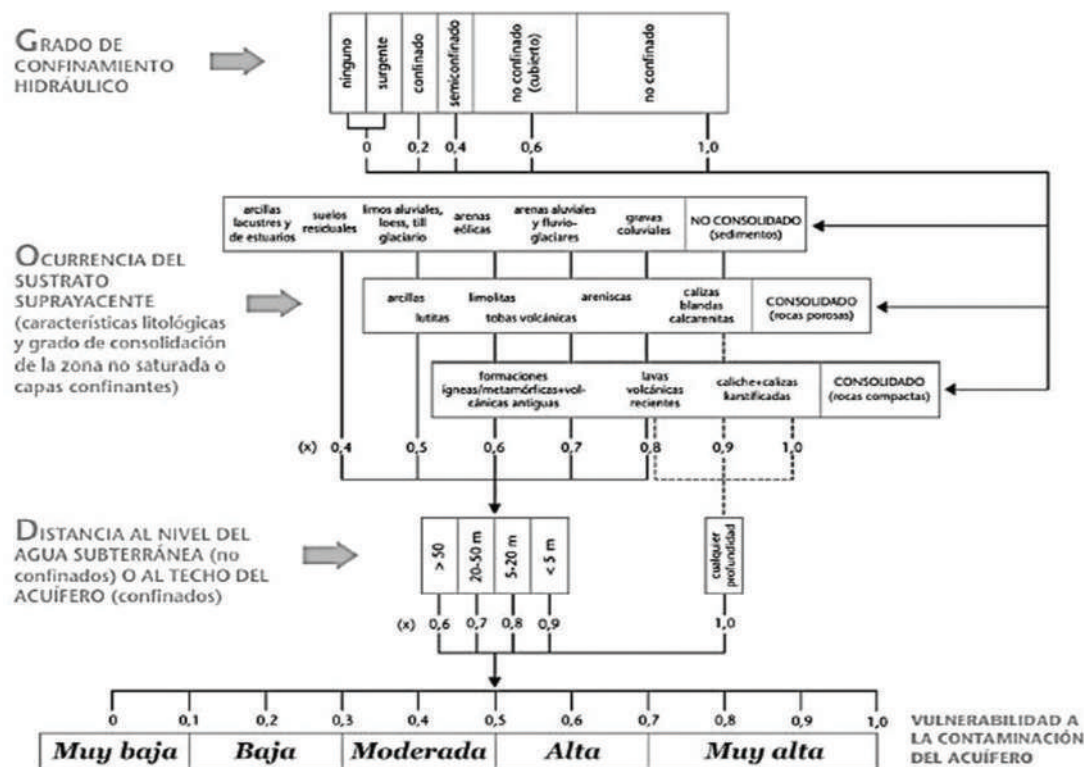
En la segunda etapa se calcula la vulnerabilidad hidrogeológica a través del método GOD, relativamente sencillo de aplicar con escasez de datos, pero que es tan efectivo como otros métodos más complejos. El método como su nombre indica tiene en cuenta tres variables: grado de confinamiento del acuífero (G), en inglés (*Groundwater confinement*), la litología de la zona no saturada (O) (*Overlaying strata*) y la profundidad del nivel freático (D) (*Depth groundwater*). Su índice se calcula $GOD = G \cdot O \cdot D$ y se obtiene un valor de índice de vulnerabilidad, comprendido entre 0 y 1 (clase muy baja a clase muy alta, respectivamente). Estas variables tienen un punteo establecido²⁷, como puede observarse en la Figura 1.

En la tercera etapa se tomaron en consideración aspectos e indicadores de la metodología de Vera y Albarracín (2017) y se adaptaron a este estudio; estos

determinan la vulnerabilidad global a través de la vulnerabilidad por exposición y por fragilidad ambiental. La determinación de la vulnerabilidad se realizó particularizando el estudio por subcuencas²⁸.

En el cálculo de la vulnerabilidad por exposición se tienen en cuenta dos variables. La primera es la exposición por sistemas de producción, en la cual se hizo una adaptación en sus indicadores, los que tienen en cuenta el vertido de residuales de los asentamientos y hospitales, convenios porcinos, fábricas e industrias, talleres de transporte, elementos que influyen altamente en la contaminación de los recursos hídricos y que afectan al acuífero. La segunda variable es la exposición por población, en la que se considera como base la localización de las viviendas en el área de estudio y se tiene en cuenta el porcentaje de área de terreno que ocupan. Y en la tercera, en la determinación de la vulnerabilidad por fragilidad ambiental, se tienen en cuenta las variables: conflictos por uso del suelo, los niveles de deforestación y los impactos estimados del cambio climático.

Figura 1. Diagrama con la asignación de valores de las variables del método GOD



Fuente: Rizo, 2017.

²⁶. Hall y Steiner, 2020.

²⁷. Rizo, 2017.

²⁸. Vera y Albarracín, 2017.

Como resultado final, se obtiene la vulnerabilidad global por una relación aritmética simple, la cual fue escogida por su simplicidad y la capacidad de esquematizar el proceso en general y los criterios de aplicación, como se muestra en la Tabla 1.

A continuación, se muestra el sistema de indicadores para la estimación y ponderación de las variables (Tabla 2).

Una vez obtenidos los resultados de los mapas espaciales de la vulnerabilidad hidrogeológica y la vul-

nerabilidad global por exposición y fragilidad, con el comportamiento de sus variables, se procede a hacer el análisis de integración y comparación de resultados a través de la superposición de mapas y el método de análisis-síntesis, para detectar las zonas y variables vulnerables, con el objetivo de obtener los elementos científicos necesarios para la toma de decisiones, en la evaluación y selección de medidas puntuales que permitan prevenir o reducir los efectos de la contaminación en acuíferos. Esta es una herramienta que admite el control y moni-

Tabla 1. Funciones para la estimación de las variables y sus componentes

Tipo de vulnerabilidad	Función
Vulnerabilidad global (V)	$V = (VE + VF) / 2$
Vulnerabilidad por exposición (VE)	$VE = \frac{VESP + VEP}{2}$
	Vulnerabilidad por exposición de los sistemas de producción (VESP) Vulnerabilidad por exposición de la población (VEP)
Vulnerabilidad por fragilidad (VF)	$VF = VFA = (CPUS + NDEF + IECC) / 3$
	Conflictos por uso del suelo (CPUS) Nivel o grado de deforestación (NDEF) Impacto estimado del cambio climático (IECC)

Fuente: adaptado de Vera y Albarracín, 2017.

Tabla 2. Componentes, variables y criterios de evaluación para determinación

Componente	Variables de medición	Criterios
Vulnerabilidad por exposición de población (VEP)	Localización Viviendas	<ul style="list-style-type: none"> Más del 20 % del total de los elementos expuestos en zonas de nivel de amenaza alta, vulnerabilidad alta (3 puntos). Menos del 20 % del total de los elementos expuestos en zonas de nivel de amenaza alta y más del 30 % en amenaza media, vulnerabilidad moderada (2 puntos). Menos del 20 % de elementos en amenaza alta y más del 60 % del total de los elementos expuestos se encuentran en zonas de nivel de amenaza baja, vulnerabilidad baja (1 punto).
Vulnerabilidad por exposición de sistemas de producción (VESP)	Aportación de residuales Puntos de vertido de asentamientos y hospitales, convenios porcinos, fábricas e industrias, talleres e industrias de transporte	<ul style="list-style-type: none"> Combinación de vertido de residuales de industrias, talleres, hospitales, asentamientos, porcinos con más de tres unidades, vulnerabilidad alta (3 puntos). Combinación de vertido de residuales de industrias, talleres, hospitales, asentamientos, porcinos entre una o tres unidades, vulnerabilidad moderada (2 puntos). Combinación de algunas variables que no presenten gran impacto, vulnerabilidad baja (1 punto).
Vulnerabilidad por fragilidad ambiental (VFA)	Equilibrio en la relación sociedad-naturaleza (degradación de base ecosistémica y prácticas productivas inadecuadas, efectos estimados del cambio climático)	<ul style="list-style-type: none"> Área en conflicto > 40 %, vulnerabilidad alta (3 puntos). Área en conflicto 20,1 a 40 %, vulnerabilidad moderada (2 puntos). Área en conflicto < 20 %, vulnerabilidad baja (1 punto)
	Conflictos por uso del suelo	<ul style="list-style-type: none"> Coberturas boscosas < 20 %, vulnerabilidad alta (3 puntos). Coberturas boscosas entre 20,1 y 50 %, vulnerabilidad moderada (2 puntos). Coberturas boscosas > 50 %, vulnerabilidad baja (1 punto).
	Nivel de deforestación	<ul style="list-style-type: none"> Impacto estimado alto, vulnerabilidad alta (3 puntos). Impacto estimado medio, vulnerabilidad moderada (2 puntos). Impacto estimado bajo, vulnerabilidad baja (1 punto).
	Variaciones de temperatura, precipitación, pérdida de suelo, etc.	

Fuente: adaptado de Vera y Albarracín, 2017.

toreo del comportamiento ambiental, de vulnerabilidad intrínseca y específica para la protección de los acuíferos en la gestión integrada de cuencas hidrográficas.

Es necesario aclarar que esta metodología es general y, por su simplicidad y la capacidad de esquematizar el proceso y los criterios de aplicación, la misma está diseñada para que se pueda aplicar a cualquier situación y condición ambiental de una determinada área geográfica, en especial en análisis de zonas con menor información, como es el caso de Latinoamérica.

Descripción del área de estudio

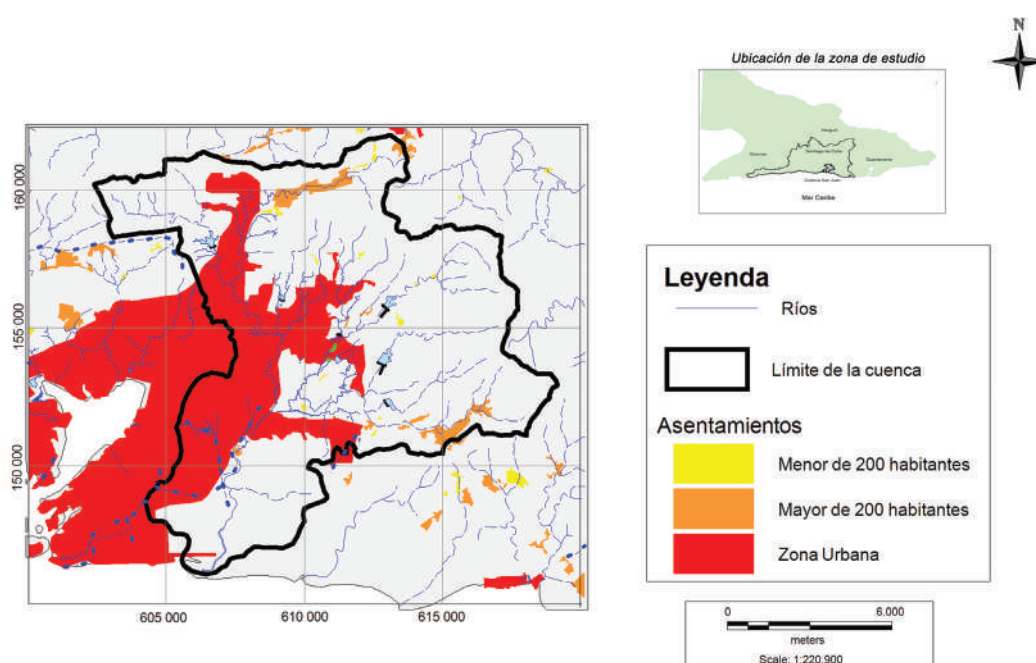
La cuenca hidrográfica San Juan se ubica en el municipio de Santiago de Cuba en su sector Este, con una superficie de 138,3 km². Limita al norte con las alturas de Boniato y el Bonete, al sur con las mesetas litorales y el Mar Caribe, al este con las alturas de Ochoa y las Guásimas y al oeste con las alturas de Puerto Pelado y la Ciudad de Santiago de Cuba, desembocando en la zona conocida como Aguadores, con un caudal medio anual de 1,17 m³/s,

un volumen total de 37,2 hm³ y con una densidad de drenaje (Dd) de 1,06 km/km². El principal tributario es el río San Juan y sus principales afluentes son los ríos Cocal, Seco, Zacateca, Dos Bocas y Maisí, por lo que la cuenca se subdivide en cinco sub-cuencas denominadas: San Juan, Chalons, Dos Bocas, Maisí-Zacatecas y Río Seco, que permiten la identificación y solución de problemas facilitando las acciones a realizar²⁹. Su relieve es heterogéneo, con zonas boscosas y se reconoce por su topografía en tres unidades: la alta, la media y la baja³⁰.

Está conformada por 21 asentamientos, con un sector edificado de la ciudad Santiago de Cuba y los 20 restantes son rurales. La población total de la cuenca (exceptuando la ciudad Santiago de Cuba) es de aproximadamente 9.990 habitantes, existiendo diez de los 20 asentamientos con poblaciones mayores de 200 habitantes³¹ (Mapa 1).

El potencial hidráulico total es de 42,4 hm³, en aguas superficiales de 30,4 hm³ y subterráneas de 12,0 hm³, evaluado en cuanto a escurrimiento medio hiper-anual hasta la desembocadura. En cuanto a las fuentes superficiales en la cuenca, se ubica el embalse Chalons y 5 micropresas, que almacenan 5,094 hm³ de agua³².

Mapa 1. Mapa de ubicación de la cuenca hidrográfica San Juan



Fuente: elaboración propia.

²⁹. Durán, 2017.

³⁰. Calderín et al., 2019

³¹. Calderín et al., 2019

³². Durán, 2017

El acuífero subterráneo, de 22,3 km² se clasifica como acuífero libre, no consolidado, contiene reservas de agua calculadas en 12 millones de m³ al año para abastecer a un sistema socio-económico localizado fuera de los límites de la cuenca hidrográfica y compuesto por alrededor de sesenta mil habitantes y 185 entidades económicas, socioculturales y recreativas³³.

Se encuentra formada por alrededor de trece formaciones geológicas, entre las que predominan las formaciones El Cobre, La Cruz, Río Maya, también por el miembro Santiago y los sedimentos cuaternarios representados por arcillas arenosas, arenas arcillosas y cantos rodados en las márgenes del río³⁴ (Mapa 2).

La formación El Cobre está ampliamente distribuida a través de la Sierra Maestra, forma una franja meridional y regular estrecha de extensión a lo largo de la costa sur de las provincias de Santiago de Cuba y Granma. Su mayor parte se halla representada por rocas andesíticas, tanto efusivas como volcánicas sedimentarias, aglomeradas, tobas en todas sus combinaciones, tufitas (mayormente calcáreas) y además por intercalaciones

en distintas partes de lentes y capas de calizas organogénicas y calizas tobáceas.

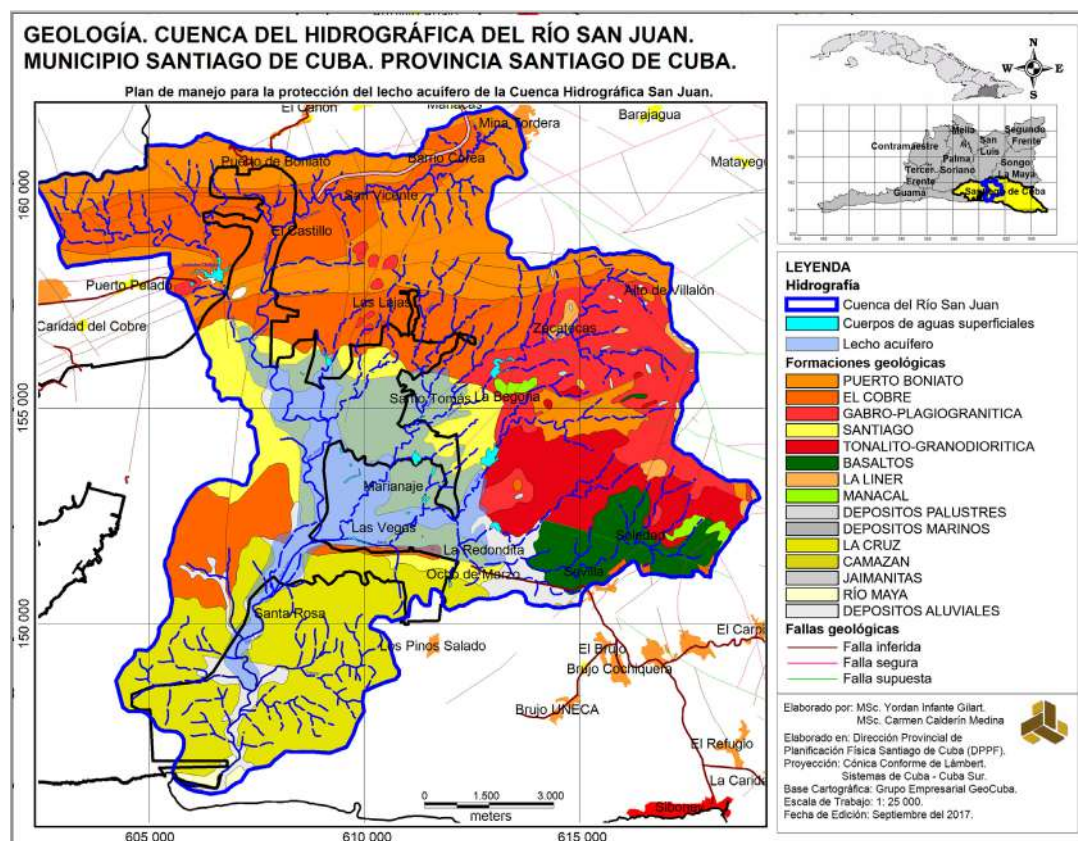
La formación La Cruz está compuesta por aleurolitas, areniscas y calcarenitas con intercalaciones de calizas órgano-detríticas y margas. Se ubica en la parte baja de la cuenca.

La formación Río Maya está compuesta por calizas coralinas duras, recrystalizadas, intensamente calcificadas de colores entre blanco, amarillento y rosáceo con manchas de intemperismo de color rojizo. Se ubica en la desembocadura de la cuenca.

El miembro Santiago se desarrolla muy localmente en la provincia de Santiago de Cuba; son depósitos regresivos compuestos por argilitas calcáreas, limoso-arenáceas plásticas con interestratificaciones de aleurolitas polimícticas areno-arcillosas que contienen *Ostrea* y otros moluscos y calcilutitas laminares y a veces nodulosas.

Las formaciones son de gabro y granodiorita y se extienden desde la parte centro oriental de la cuenca, coincidiendo con la parte de la cuenca media y alta, al igual

Mapa 2. Mapa geológico de la zona de estudio



Fuente: Calderín et al., 2019.

33. Durán, 2017.

34. Calderín et al., 2019.

que las formaciones El Cobre y Puerto Boniato, que se ubican hacia las elevaciones al norte del área de estudio.

El acuífero coincide con formaciones correspondientes a los depósitos aluviales, que se encuentran en la porción baja de la cuenca donde las pendientes poseen valores bajos, lo cual permite que se desarrollen los procesos acumulativos y de infiltración de las aguas superficiales.

En la cuenca hidrográfica San Juan predominan los suelos de tipo pardos sin carbonatos, que representan el 27,5% y los suelos esqueléticos con el 23,2% del área total, ambos distribuidos sobre la superficie media y alta de la cuenca. Aparecen, además, en menor medida, los suelos rendsinas rojas (2,7%) y los ferralsíticos pardos rojizos (0,04%). En la parte baja de la cuenca, coincidiendo con el lecho del acuífero, predominan los suelos pardos carbonatados (8,9%) y los aluviales (7,06%). Se debe aclarar que existe un 30,6% del área de la cuenca donde no se conoce información sobre los tipos de suelo. El drenaje se considera en un 37,3% bueno, coincidiendo con la parte baja de la cuenca y en un 32,2% moderado en la parte media y alta³⁵.

En la cuenca, el área forestal tiene una buena situación, siendo la parte alta y media de la misma la más forestada, con predominio de los bosques y frutales, con un área de superficie arbórea que representa el 39,2% de total de la cuenca, favoreciendo a la alimentación de los ríos que nutren al acuífero³⁶.

Usos del suelo

El uso del suelo en la cuenca San Juan se presenta en siete categorías: predomina la superficie arbórea con un total de 34,7%, secundada por el área urbanizada que representa el 30%, pastos 20,6%, cultivos 8,4%, instalaciones agro-industriales 0,74%, superficie acuosa 1% y superficies no aptas y ociosas 4,68%.

Dentro de las actividades económicas principales que se manifiestan en la cuenca, predominan las industriales, productivas y agropecuarias, con un total de 185 instalaciones distribuidas en toda el área, de las cuales se identifican 31 fábricas e industrias, 74 empresas agropecuarias, 34 talleres y otras instalaciones de transporte, 14 almacenes y 32 instalaciones con otros usos, siendo la sub-cuenca San Juan la de mayor uso productivo, con un total de 105 instalaciones, de las que

predominan 18 fábricas e industrias (alimentarias, carpinterías, plantas de asfalto) y 31 empresas agropecuarias (agrícolas, pecuarias, porcinas). También se puede plantear que se declaran once focos principales de vertimiento de residuales, producto de los asentamientos Aguadores, 30 de noviembre, Santa Rosa, El Sitio, Reparto Abel Santamaría, Cuabitas, Dos Bocas, San Vicente y del hospital clínico-quirúrgico Juan Bruno Zayas, el parque zoológico y la cárcel de Boniato³⁷. Estas instalaciones y asentamientos se encuentran ubicadas en gran representatividad sobre el lecho del acuífero, realizando el vertimiento libre sin tratamiento previo (Mapa 3).

Mapa de vulnerabilidad hidrogeológica

Se utilizó el método GOD para caracterizar la vulnerabilidad de los acuíferos en la zona de estudio. Para la obtención de los valores de vulnerabilidad en cada una de las capas de las que se compone el método, se hizo una revisión del mapa geológico de la zona de estudio³⁸. También se recopilaban los datos de perforación de los pozos para estimar el espesor de la zona no saturada y la profundidad del lecho del acuífero a partir de los informes de Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH). Se utilizó un Sistema de Información Geográfica (SIG) para integrar la información requerida para la estimación de los valores en cada capa del método GOD.

Las capas vectoriales referentes a cada variable (grado de confinamiento y tipo de roca) han sido puntuadas conforme a los valores establecidos por el método, según las características de la cuenca. El factor G ha sido considerado con el valor máximo ($G = 1,0$) por ser un acuífero libre y, por tanto, la capa resultante (GOD) únicamente representa la multiplicación de los factores o variables O y D, de acuerdo con la ecuación.

En el Mapa 4, se muestran los valores de los factores O y D. El factor O considera las características litológicas y el grado de consolidación del estrato no saturado, que en este caso es un acuífero no consolidado. Para su ponderación se utilizó el mapa geológico de la zona. El factor D considera la distancia al nivel del agua subterránea y en su ponderación se consideraron los datos de profundidad del nivel freático en la zona y los niveles estáticos en los pozos, ofrecidos por el Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos, mostrando valores que fluctúan en un rango de 5 m hasta más de 50 m.

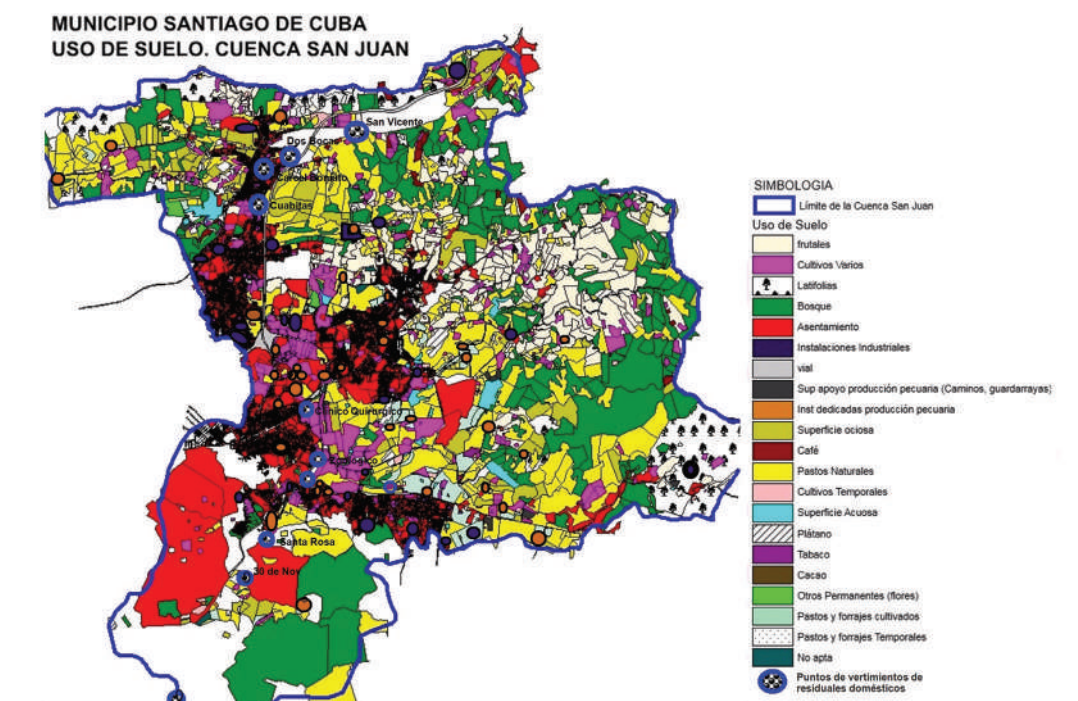
³⁵. Calderín et al., 2019.

³⁶. Calderín et al., 2019.

³⁷. Calderín et al., 2019.

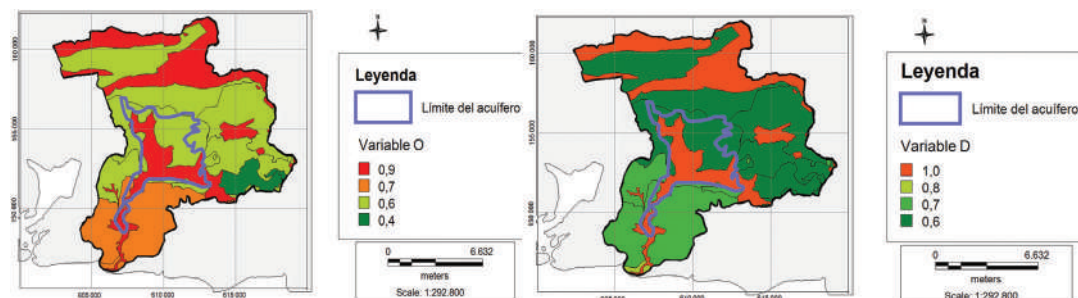
³⁸. Calderín et al., 2019.

Mapa 3. Mapa de uso del suelo en la zona de estudio



Fuente: Calderín et al., 2019.

Mapa 4. Mapa de puntuación de las variables tipo de litología (O) y profundidad del nivel freático (D)



Fuente: elaboración propia.

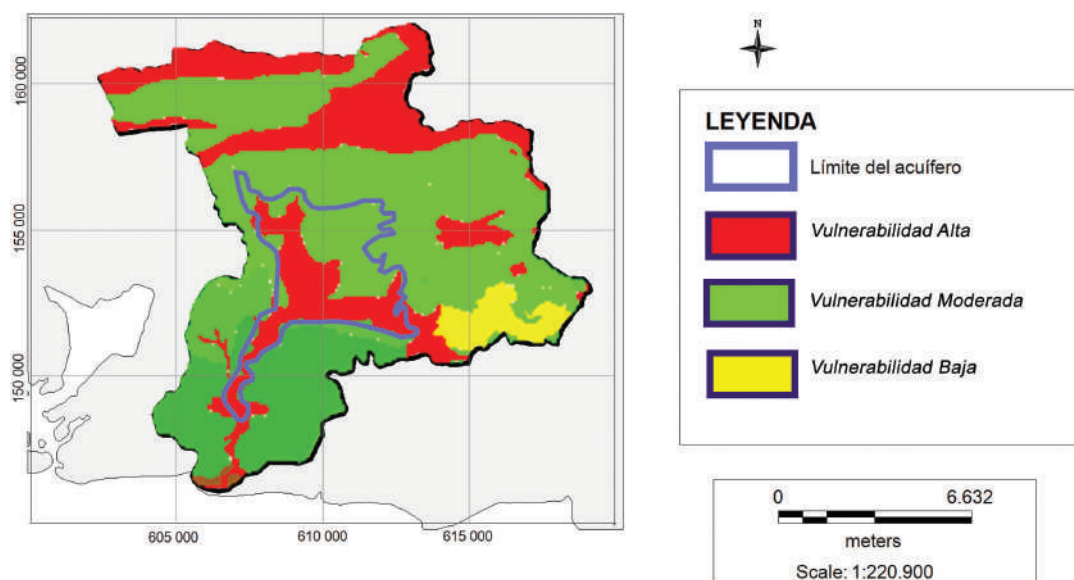
En el Mapa 5 de las vulnerabilidades hidrogeológicas se muestran las zonas vulnerables de la cuenca, en las cuales es factible que los vertidos de residuales puedan contaminar el agua subterránea. Asimismo, la cuenca en general muestra una vulnerabilidad en un 50% moderada, lo que representan 68,9 km² distribuidos en la parte norte y central de la misma, representada por las rocas andesíticas, tanto efusivas como volcánicas sedimentarias, aglomeradas, tobas en todas sus combinaciones y por argilitas calcáreas, limoso-arenáceas plásticas con interstratificaciones de aleurolitas polimícticas areno-arcillosas.

Encontramos que solamente un 4% (5,7 km²) del área de la cuenca presenta una vulnerabilidad baja, poco significativa, en la zona este de la misma, donde predomina la litología de basaltos.

El 46% del área de la cuenca presenta vulnerabilidad alta, distribuida un 30% en fragmentos de la parte alta de la cuenca, con una geología de alternancia de calizas y en la parte centro y baja con depósitos aluviales, representando un área de 40,6 km² y un 16% que se ubica en la desembocadura de la cuenca, con una geología de calizas biodetríticas, carsificadas y calizas, calcarenitas y margas, conglomerados y areniscas, para un área de 22,8 km². Estas dos distribuciones representan un área total de 63,7 km², donde se encuentra el núcleo urbano, con sus actividades que generan una gran carga potencial de contaminantes al lecho del acuífero.

Los resultados al analizar la vulnerabilidad sobre el área del lecho acuífero muestran que está sometido a valores de vulnerabilidad moderada en un 53% y alta en un 47% (que representan 10,5 km²), lo que implica que

Mapa 5. Mapa de vulnerabilidad hidrogeológica en la zona de estudio



Fuente: elaboración propia.

esta zona es muy vulnerable a cualquier contaminación por agentes antrópicos. Esta es un área que debe estar sometida a estricta protección y/o remediación por los tomadores de decisión y el Consejo de Cuencas Hidrográficas Provincial y Nacional.

Determinación de la vulnerabilidad por exposición de sistemas de producción y por exposición de población

Referente a la determinación de la vulnerabilidad por exposición de sistemas de producción es necesario especificar que se consideraron los puntos de vertidos existentes, asentamientos, convenios porcinos, fábricas e industrias y los talleres e industrias de transporte. Para su análisis se realizó un estudio sobre la cantidad existente y el impacto que implican cada uno por sub-cuenca de análisis, para así llegar a un criterio definitivo (Mapa 6A). Se utilizó un Sistema de Información Geográfica (SIG) en la geo-referenciación de los datos para el estudio y determinación de las variables pertinentes, empleando los planos que representan la ubicación de los puntos de vertidos, las fábricas e industrias y los convenios porcinos existentes en cada sub-cuenca.

Evidentemente, con los resultados expuestos se demuestra que la sub-cuenca San Juan presenta un alto grado de residuales contaminantes, lo cual genera una vulnerabilidad alta, con la presencia de seis puntos

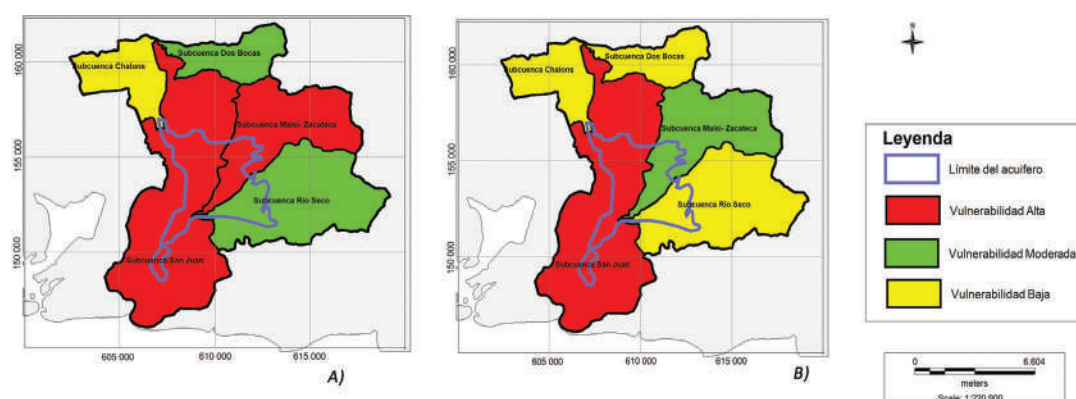
de vertido concentrados en su parte baja, en el lecho acuífero, como es el caso de los residuales domésticos de los repartos 30 de noviembre, El Sitio, Santa Rosa y Abel Santamaría, así como del hospital clínico-quirúrgico Juan Bruno Zayas y el parque Zoológico. También la sub-cuenca Maisí-Zacatecas presenta vulnerabilidad alta, aclarando que ambas ocupan alrededor del 77% del área del lecho acuífero. Por lo cual se demuestra que el acuífero en esta área tiene una carga alta de contaminantes y existe vulnerabilidad hidrogeológica muy alta.

Para la determinación de la vulnerabilidad por exposición de población, se consideró el nivel poblacional existente en cada sub-cuenca, relacionándolo con el porcentaje de área ocupada en cada caso, considerando los criterios expuestos en la metodología (Mapa 6B). Se pudo determinar que la de San Juan representa un 47,8% de zona de amenaza alta para el acuífero y la de Maisí-Zacatecas, un 10,5% de amenaza moderada para el acuífero, zonas ubicadas en el lecho acuífero.

Determinación de la vulnerabilidad por fragilidad ambiental

En el cálculo de la vulnerabilidad por fragilidad ambiental, se analizaron los conflictos por uso del suelo, el nivel de deforestación y el impacto estimado del cambio climático en esta zona, enfatizando cada uno de ellos dentro de cada sub-cuenca.

Mapa 6. Mapa de vulnerabilidad por exposición de sistemas de producción (A) y por población (B)



Fuente: elaboración propia.

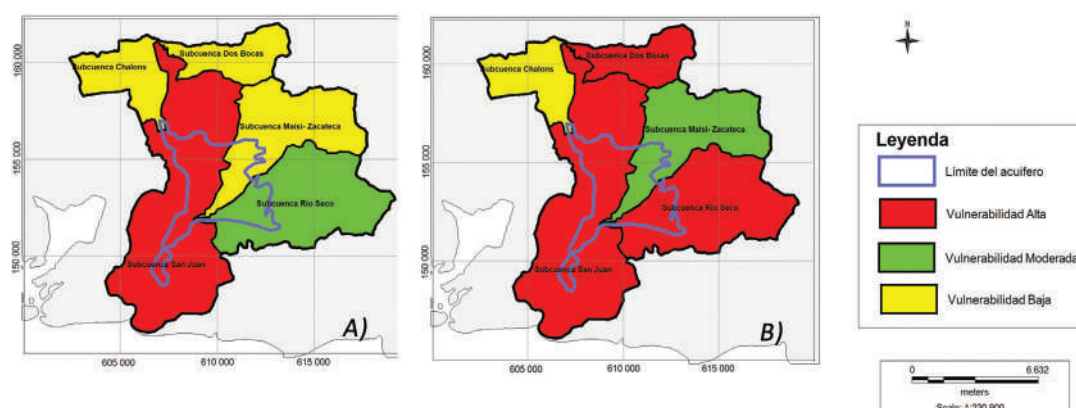
En el análisis del uso del suelo en toda la cuenca, se pudo determinar que existe un área de 45,1 km² (32,7%) de conflicto de usos, fundamentalmente por áreas urbanas y su vertido de residuales, cultivos varios, instalaciones industriales, áreas deportivas y recreativas, donde la sub-cuenca San Juan es la de mayor área de representación de conflictos con el 50,5% para una vulnerabilidad alta, la de Río Seco con 21,8% con vulnerabilidad moderada, la de Maisí-Zacatecas con 18,9% y vulnerabilidad baja, según el mapa de vulnerabilidad por conflicto de uso del suelo (Mapa 7A).

Analizando la influencia de los conflictos de usos del suelo en el área del acuífero, estos se manifiestan en un área de 18,9 km², lo que representa el 91,2% del área del acuífero.

Asimismo, en el análisis del impacto estimado del cambio climático en la cuenca hidrográfica se pudo obtener, según informe³⁹, que los desequilibrios en la zona por déficit de lluvia han provocado como factor más incidente la pérdida del suelo. En función de un estudio de vulnerabilidad de esta variable se realizó el mapa de vulnerabilidades (Mapa 7B), el cual muestra que las sub-cuenas más afectadas son San Juan, Dos Bocas y Río Seco con vulnerabilidad alta y Maisí-Zacatecas con vulnerabilidad moderada.

En cuanto a la vulnerabilidad por deforestación, esta es la variable que provoca mayores impactos, ya que se declaran en vulnerabilidad alta las sub-cuenas Dos Bocas, con un 44,6% de área deforestada, Río Seco con 29,1%, San Juan con 20,1% y Maisí-Zacatecas con el 17,1%, con vulnerabilidad moderada.

Mapa 7. Mapa de vulnerabilidad por conflicto de uso del suelo (A) y por pérdida del suelo y por nivel de deforestación (B)



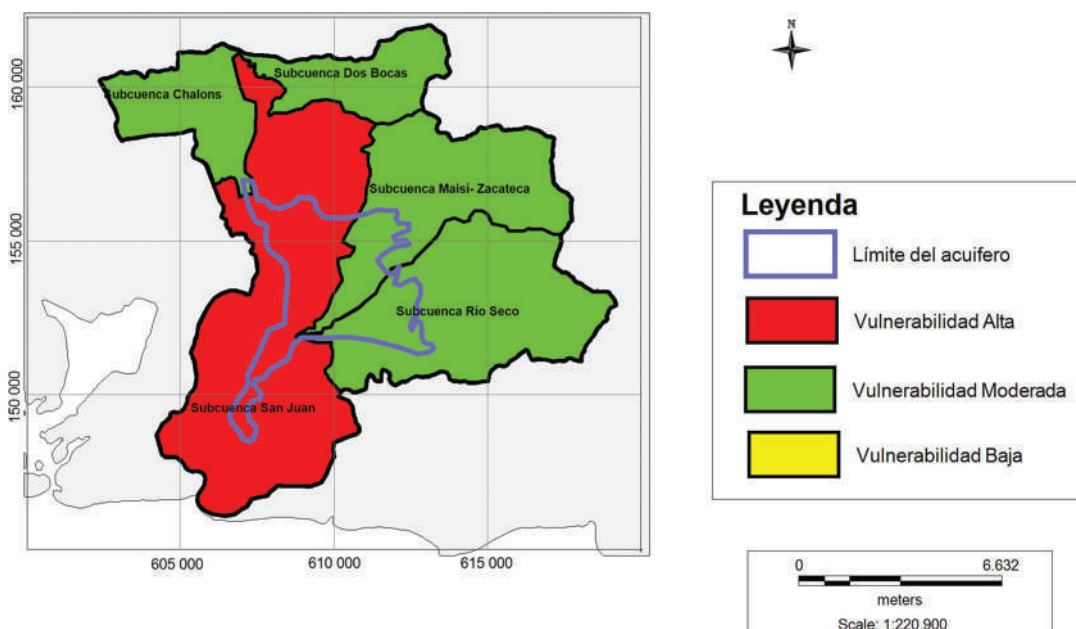
Fuente: elaboración propia.

³⁹. Calderín et al., 2019.

Como resultados significativos después de la determinación de estas variables se puede hacer referencia a que la sub-cuenca de mayor vulnerabilidad por fragili-

dad ambiental es San Juan, debido a que presenta grandes impactos en las tres variables analizadas, poniendo en riesgo el lecho acuífero (Mapa 8).

Mapa 8. Mapa de vulnerabilidad por fragilidad ambiental



Fuente: elaboración propia.

Determinación de la vulnerabilidad global

Al realizar el análisis de cada variable y obtener la vulnerabilidad global de la cuenca hidrográfica San Juan, la cual se pueden observar en el Mapa 9.

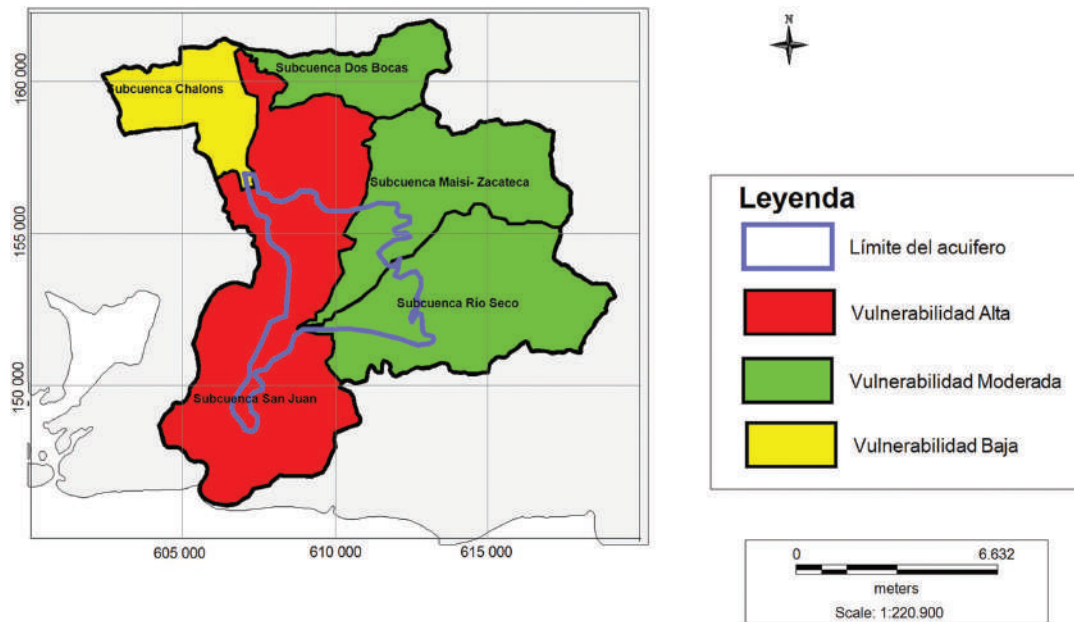
Se obtuvo como resultado final del estudio, que la sub-cuenca Chalóns presenta vulnerabilidad baja, las de Dos Bocas, Maisí-Zacateca y Río Seco moderada, siendo la San Juan la cual aparece como alta, lo que demuestra que el 50,5% que representa (11,26 km²) del área acuífera, se encuentra sometido a vulnerabilidad alta y el 49,5% (11,04 km²) a moderada. Es evidente que el acuífero se encuentra expuesto a una contaminación alta y moderada.

Argumentando este resultado, se puede resaltar que entre las dificultades detectadas se encuentran: el conflicto que existe entre los distintos usos del suelo en la cuenca, fundamentalmente en el lecho acuífero y en la sub-cuenca San Juan. Entre los principales conflictos que se generan del uso del suelo, se pueden plantear el uso desordenado del área para asentamiento poblacional, la cual ocupa casi el 50% del área

de dicha sub-cuenca. Además, se ubican en esta área seis puntos de vertido de aguas residuales, los cuales derraman directo al suelo sin sistemas de tratamientos, lo que incrementa la contaminación del acuífero. La circunstancia de que haya industrias y fábricas instaladas en el mismo lecho del acuífero junto a la urbanización implica un alto porcentaje de área pavimentada que reduce la recarga del acuífero. Por lo tanto, el acuífero en esta zona es muy vulnerable a la contaminación, lo que indudablemente está afectando a la calidad de sus aguas.

Es evidente que las dificultades que están produciendo escenarios de vulnerabilidad alta y moderada para el acuífero son consecuencia de las políticas de gestión erradas que se están aplicando en la cuenca, por lo que se necesita una toma de decisiones de inmediato, para acometer acciones y lograr buenas prácticas de gestión integrada. En función de estas dificultades, este trabajo aporta una herramienta que permite monitorear y tomar decisiones puntuales ante un escenario sumamente complicado como el de contaminación de un acuífero, y que puede agravarse aún más por los efectos del cambio ambiental global.

Mapa 9. Mapa de vulnerabilidad global



Fuente: elaboración propia.

Conclusiones

El acuífero está sometido a vulnerabilidad alta y moderada, lo que implica que esta zona es muy sensible a la contaminación, donde las variables de mayor incidencia son: sistemas de producción, conflictos en el uso del suelo y pérdida del suelo, siendo el área acuífera la zona de mayor conflicto de usos, con un crecimiento urbano desordenado, usos de contaminantes potenciales, como vertido de residuales domésticos, hospitalarios, industriales y agropecuarios sin previo tratamiento, lo que demuestra que el uso del suelo tiene una influencia negativa en la calidad de las aguas del acuífero.

Se demostró la utilidad de la metodología para la determinación de las afectaciones del uso del suelo al acuífero San Juan, ofreciendo el mapa de sus vulnerabilidades con las variables de mayor incidencia, lo que aporta una herramienta soportada en un SIG para la planificación, monitoreo y toma de decisión en el Plan de Gestión Integrada de esta cuenca hidrográfica, en función de la protección del acuífero.

Se validó que la metodología puede ser aplicada sin dificultad, que ofrece resultados coherentes y que la retroalimentación y simplicidad del proceso permite su adaptabilidad a otras zonas geográficas, en especial en América Latina.

BIBLIOGRAFÍA

- Alarcón Borges, R. Y., Durán Silveira, M. T., García Tejera, R. y Pérez Montero, O. 2019: "Paradigmas jurídicos sobre gestión integrada de cuencas hidrográficas: Desafíos a partir del caso del río San Juan, Santiago de Cuba". *Revista Voluntad Hidráulica*, 84 (201), 241-257.
- Albornoz Euán, B. S. I. y González Herrera, R. A. 2017: "Vulnerabilidad a la contaminación del acuífero yucateco bajo escenarios de cambio climático". *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 4 (11), 275-286. <http://dx.doi.org/10.19136/era.a4n11.1037>
- Alfaro Jiménez, K. 2018: "Zonificación del conflicto de uso de la tierra en las áreas de protección de la red de drenajes de la cuenca del río Páez, Cartago, Costa Rica". *Geográfica de América Central*, 4 (61E), 81-99. <http://dx.doi.org/10.15359/rgac.61-4.4>
- Aller, L., Bennet, T., Lehr, J., Petty, R. & Hackett, G. 1987: *DRASTIC: a standardized system for evaluating ground water pollution potential using hydrogeologic settings*. U.S. EPA /600/2-87-036: 1-455. Oklahoma (EE.UU.).
- Auge, M. 2007: *Vulnerabilidad de Acuíferos*. Buenos Aires (República Argentina), Instituto de Geología y Recursos Minerales.
- Bayón Martínez, P. y Padilla y Sotelo, L. S. 2020: "Visión geográfica de la percepción de riesgos por peligros hidrometeorológicos extremos en Cuba". *Revista Geográfica de América Central*, 1 (64), 151-178. <http://dx.doi.org/10.15359/rgac.64-1.6>


- Calderín Medina, C., Salas Díaz, A., Ramírez Mogen, G., Durand Silveira, M. T. e Infante Gilart, Y.** 2019: *Propuesta de un plan de acción preliminar para la preservación del lecho acuífero Cuenca Hidrográfica San Juan. Santiago de Cuba*. Reporte técnico. Santiago de Cuba (Cuba), Delegación Provincial de Recursos Hidráulicos.
- Civita, M.** 1994: *Le carte della vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento*. Teoria & pratica (Aquifer vulnerability maps to pollution) (in Italian). Pitagora, Bologna (Italia).
- Doerfliger, N., Jeannin, P. Y. y Zwahlen, F.** 1999: "Water Vulnerability Assessment in Karst Environments: A New Method of Defining Protection Areas Using Multi-Attribute Approach and GIS Tool (EPIK Method)". *Environmental Geology*, 39, 165-172. <http://dx.doi.org/10.1007/s002540050446>
- Durán Silveira, M. T.** 2017: "Actualización del potencial hídrico de la provincia de Santiago de Cuba". *Revista Voluntad Hidráulica*, (121), 4-12.
- Foster, S. S. D.** 1987: "Fundamental concepts in aquifer vulnerability, pollution, risk and protection strategy". *Researching Proceeding and Information*, (38), 69-86.
- García Galván, M. y Herrera Tapia, F.** 2019: "La Cuenca Hidrosocial Presa Huapango, México: Un análisis de la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos y la gobernanza en cuerpos de agua compartidos". *Agua y Territorio*, (14), 69-84. <http://dx.doi.org/10.17561/at.14.4639>
- Gárfias, J., Llanos, H., Franco, R. y Martel, R.** 2017: "Estimación de la vulnerabilidad del acuífero del valle de Toluca mediante la combinación de un método paramétrico y el transporte advectivo". *Boletín Geológico y Minero*, 128 (1), 25-42. <http://dx.doi.org/10.21701/bolgeomin.128.1.002>
- Gómez Cruz, A., Madrigal Solís, H., Núñez Solís, C., Calderón Sánchez, H. y Jiménez Gavián, P.** 2019: "Vulnerabilidad hidrogeológica en la zona costera de Jacó, Pacífico Central, Costa Rica". *Revista Geográfica de América Central*, 2 (63), 141-163. <http://dx.doi.org/10.15359/rgac.63-2.5>
- Hall, D. M. y Steiner, R.** 2020: "Policy content analysis: Qualitative method for analyzing sub-national insect pollinator legislation". *MethodsX Scientific Journal*, 93, 118-128. <https://doi.org/10.1016/j.mex.2020.100787>
- Murillo Licea, D.** 2019: "Territorialidades indígenas y agua, más allá de las cuencas hidrográficas". *Agua y Territorio*, (14), 33-44. <http://dx.doi.org/10.17561/at.14.4509>
- Olivares Campos, B. O., López Beltrán, M. A. y Lobo Luján, D.** 2019: "Cambios de usos de suelo y vegetación en la comunidad agraria Kashaama, Anzoátegui, Venezuela: 2001-2013". *Revista Geográfica de América Central*, 2 (63), 269-291. <http://dx.doi.org/10.15359/rgac.63-2.10>
- Peña Cortés, F., Pincheira Ulbrich, J., Escalona Ulloa, M. y Rebolledo, G.** 2011: "Cambio de uso del suelo en los geosistemas de la cuenca costera del río Boroa (Chile) entre 1994 y 2004". *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*, 2, 1-20.
- Rizo Decelis, L. D.** 2017: *Consideraciones sobre la calidad del agua del río Santiago (México) y cartografía de vulnerabilidad a la contaminación de acuíferos de su cuenca para una adecuada gestión y planificación hidrológica*, tesis doctoral. Málaga (España), Universidad de Málaga.
- Yael Daga, D., Zulaica, L. y Vazquez, P.** 2020: "El periurbano de Mar del Plata (Argentina): clasificación digital de los usos del suelo y análisis de las transformaciones en el cinturón hortícola". *Revista Geográfica de América Central*, 2 (65), 175-205. <http://dx.doi.org/10.15359/rgac.65-2.7>
- Valcarce Ortega, R. M., Vega Carreño, M., Rodríguez Miranda, W. y Suarez González, O.** 2020: "Vulnerabilidad intrínseca de las aguas subterráneas en la cuenca Almendares-Vento". *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 41 (2), 33-47.
- Van Stempvoort, D., Evert, L. & Wassenaar, L.** 1993: "Aquifer vulnerability index: a GIS compatible method for groundwater vulnerability mapping". *Canadian Water Resources Journal*, 18 (1), 25-37. <https://doi.org/10.4296/cwrj1801025>
- Vera Rodríguez, J. M. y Albarracín Calderón, A. P.** 2017: "Metodología para el análisis de vulnerabilidad ante amenazas de inundación, remoción en masa y flujos torrenciales en cuencas hidrográficas". *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 27 (2), 109-136. <http://dx.doi.org/10.18359/rcin.2309>

Conceptos científicos y sus implicaciones políticas en el manejo de las aguas transfronterizas

México-Estados Unidos: ¿Acuífero transfronterizo o aguas subterráneas transfronterizas?

Scientific concepts and their political implications in the management of Mexico-U.S. Transboundary water courses: Transboundary Aquifer or Transboundary Groundwater?

Gonzalo Hatch-Kuri

Facultad de Ciencias Naturales
Universidad Autónoma de Querétaro
Santiago de Querétaro, Querétaro, México
ghatch@comunidad.unam.mx
 ORCID: 0000-0002-5189-4708

José Joel Carrillo-Rivera

Instituto de Geografía
Universidad Nacional Autónoma de México
Ciudad de México, México
joeljcr@igg.unam.mx
 ORCID: 0000-0001-5577-7886

Información del artículo

Recibido: 11 septiembre 2020

Revisado: 22 abril 2021

Aceptado: 21 septiembre 2021

ISSN 2340-8472

ISSNe 2340-7743

DOI 10.17561/AT.21.5738

 CC-BY

© Universidad de Jaén (España).
Seminario Permanente Agua, Territorio y Medio Ambiente (CSIC)

RESUMEN

El concepto acuífero transfronterizo previsto en la Resolución de Naciones Unidas 63/124 ha tenido un impacto significativo en la evaluación de los acuíferos transfronterizos. En el caso México-Estados Unidos, no ha sido posible determinar oficialmente el número total de acuíferos compartidos, mucho menos se ha podido evaluar el funcionamiento sistémico del agua subterránea, debido a una falta de claridad conceptual en el tema. Esta contribución efectúa un análisis basado en la revisión crítica de evidencia científica y legal para determinar la naturaleza de las discrepancias conceptuales entre las definiciones científicas de acuífero transfronterizo y agua subterránea transfronteriza, desde un enfoque interdisciplinario (geografía política e hidrogeología). Los resultados sugieren la necesidad de incorporar una visión sistémica y social para lograr la gestión de las aguas subterráneas compartidas, así como la homologación de metodologías entre ambos países.

PALABRAS CLAVE: Acuíferos transfronterizos, Agua subterránea, Gestión, Geografía política, México-EE.UU.

ABSTRACT

The transboundary aquifer concept envisaged in the United Nations Resolution 63/124 has had a significant impact on the evaluation of transboundary aquifers. In the Mexico-U.S.A. case, it has not been possible to officially determine the total number of shared aquifers, therefore, the evaluation of groundwater is to be settled; it represents a lack of conceptual clarity on the subject. This contribution from an interdisciplinary approach (political geography and hydrogeology) carries out an analysis based on scientific evidence and legal documents to

determine the nature of the current conceptual discrepancies between the scientific definitions of transboundary aquifer and transboundary groundwater. Results suggest the need to incorporate a systemic vision on the transboundary groundwater management, as well as the scientific homologation of concepts and methodologies applied for both countries guarantee an integrated transboundary water management with societal participation.

KEYWORDS: Transboundary aquifers, Transboundary groundwater, Management, Political geography, México-U.S.A.

Concepts scientifiques et leurs implications politiques dans la gestion des eaux transfrontières Mexique-États-Unis: aquifère transfrontière ou eaux souterraines transfrontières?

RÉSUMÉ

Le concept d'aquifère transfrontière envisagé dans la résolution 63/124 des Nations Unies a eu un impact significatif sur l'évaluation des aquifères transfrontières. Dans le cas du Mexique-États-Unis, il n'a pas été possible de déterminer officiellement le nombre total d'aquifères partagés, et encore moins d'évaluer le fonctionnement systémique des eaux souterraines, en raison d'un manque de clarté conceptuelle sur le sujet. Cette contribution fait une analyse basée sur l'examen critique des preuves scientifiques et juridiques pour déterminer la nature des divergences conceptuelles entre les définitions scientifiques de l'aquifère transfrontière et des eaux souterraines transfrontières, dans une approche interdisciplinaire (géographie politique et hydrogéologie). Les résultats suggèrent la nécessité d'intégrer une vision systémique et sociale pour parvenir à une gestion partagée des eaux souterraines, ainsi que la standardisation des méthodologies entre les deux pays.

MOTS CLÉS: Aquifères transfrontaliers, Eaux souterraines, Gestion, Géographie politique, Mexique-États-Unis.

Conceitos científicos e suas implicações políticas na gestão das águas transfronteiriças México-Estados Unidos: aquífero transfronteiriço ou águas subterrâneas transfronteiriças?

RESUMO

O conceito de aquífero transfronteiriço previsto na Resolução 63/124 das Nações Unidas teve um impacto significativo na avaliação dos aquíferos transfronteiriços. No caso México-Estados Unidos, ainda não foi possível determinar oficialmente o número total de aquíferos compartilhados, nem avaliar o funcionamento sistêmico das águas subterrâneas, devido à falta de clareza conceitual sobre o assunto. Esta contribuição faz uma análise baseada na revisão crítica de evidências científicas e jurídicas para determinar a natureza das discrepâncias conceituais entre as definições científicas de aquífero transfronteiriço e águas subterrâneas transfronteiriças, a partir de uma abordagem interdisciplinar (geografia política e hidrogeologia). Os resultados sugerem a necessidade de incorporar uma visão

sistêmica e social para alcançar a gestão compartilhada das águas subterrâneas, bem como a padronização de metodologias entre os dois países.

PALAVRAS-CHAVE: Aquíferos transfronteiriços, Águas subterrâneas, Gestão, Geografia política, México-EUA.

Concetti scientifici e loro implicazioni politiche nella gestione delle acque transfrontaliere Messico-Stati Uniti d'America: acquifero transfrontaliero o acque sotterranee transfrontaliere?

SOMMARIO

Il concetto di acquifero transfrontaliero previsto nella risoluzione delle Nazioni Unite 63/124 ha avuto un impatto significativo sulla valutazione degli acquiferi transfrontalieri. Nel caso del Messico-Stati Uniti non è stato possibile determinare ufficialmente il numero totale di acquifere condivise, tanto meno è stato possibile valutare il funzionamento sistemico delle acque sotterranee, per mancanza di chiarezza concettuale sull'argomento. Questo contributo fa un'analisi basata sulla revisione critica delle prove scientifiche e legali per determinare la natura delle discrepanze concettuali tra le definizioni scientifiche di acquifero transfrontaliero e acque sotterranee transfrontaliere, da un approccio interdisciplinare (geografia politica e idrogeologia). I risultati suggeriscono la necessità di incorporare una visione sistemica e sociale per ottenere una gestione condivisa delle acque sotterranee, nonché la standardizzazione delle metodologie tra i due paesi.

PAROLE CHIAVE: Acquiferi transfrontalieri, Acque sotterranee, Gestione, Geografia politica, Messico-Stati Uniti.

Introducción¹

Existen 276 cuencas hidrográficas consideradas como transfronterizas (compartidas por dos o más naciones) por las que circula el 60 % del agua dulce, las cuales son compartidas por 145 países. Empero, esta descripción no incluye un componente fundamental del ciclo hidrológico: el agua subterránea. Organismos como el International Groundwater Resources Assessment Center (IGRAC) y la UNESCO han inventariado 592 acuíferos transfronterizos, en consecuencia, algunos estados han iniciado su evaluación científica². En México, se reconocen oficialmente 11 acuíferos compartidos con Estados Unidos y otros siete con Guatemala y Belice. México posee acuerdos para gestionar sus cuencas hidrográficas transfronterizas, como el Tratado de Aguas de 1944 firmado con Estados Unidos, pero esto no se ha podido replicar en la frontera sur; mientras que, en lo que referente al agua subterránea, en 2016 Estados Unidos concluyó un programa de evaluación binacional Transboundary Aquifer Assessment Program (TAAP), que caracterizó cuatro acuíferos compartidos. Posteriormente, en 2019, se celebró la Cumbre Binacional sobre Aguas Subterráneas Transfronterizas México-Estados Unidos, espacio en el que se discutieron los resultados del TAAP y de paso se hicieron manifiestas las asimetrías científicas, institucionales, jurídicas y financieras entre ambos países, las cuales inciden en la evaluación de esta agua, situación que retrasa su reconocimiento como cauce internacional³. La presente contribución discutirá, desde un enfoque interdisciplinario (geografía política e hidrogeología), las implicaciones de dos asimetrías, es decir, la científica y su relación con los marcos regulatorios hídricos existentes en la frontera México-Estados Unidos.

A finales del 2009, se aprobó el proyecto de resolución 63/124 *El Derecho a los Acuíferos Transfronterizos*, en el que se define el concepto acuífero transfronterizo como:

“la formación geológica permeable portadora de agua, situada sobre una capa menos permeable, y el agua contenida en la zona saturada de la formación. Esta formación geológica, puede además estar vinculada hidráulicamente entre sí con otros acuíferos, formando de esa manera un Sistema Acuífero Transfronterizo el cual, por su extensión geológica, puede tener diferentes partes situadas en distintos estados”.

Desde una perspectiva hidrogeológica, la anterior definición resalta la importancia del referente geológico particular, la roca, y del agua que la satura, así como su característica principal, que corresponde al tamaño de la extensión de la formación geológica, siendo este el principal elemento que servirá para determinar su condición transfronteriza, lo que subsume *a posteriori*, la evaluación del agua subterránea (Sistemas de Flujo de Agua Subterránea). En contribuciones previas⁴, se demostró que la evaluación de los acuíferos transfronterizos se ha orientado en el sentido del concepto científico y jurídico, dejando en un segundo nivel de importancia la evaluación científica propiamente del agua subterránea. Esta situación sugiere que se ha dejado de lado la importancia del agua subterránea como fuente de abastecimiento, lo que ha reforzado una idea equívoca de que el concepto acuífero (roca saturada con agua) es sinónimo de agua subterránea y, por ende, el primero sería el principal elemento de aprovechamiento, en detrimento del agua.

Codificar en la ley el agua subterránea como un cauce transfronterizo, exige claridad conceptual y metodológica con base en evidencia científica, a fin de dar certeza a los procedimientos aplicados, los acuerdos normativos y al impacto de sus resultados en el contexto de esquemas de gestión conjuntos de esta agua⁵. Visto lo anterior, este trabajo tiene por objetivo analizar las implicaciones científico-políticas, entendidas a partir del concepto ciclo hidrosocial, con relación al empleo particular de los términos científicos acuífero transfronterizo y aguas subterráneas transfronterizas, en el contexto de los trabajos de evaluación científica binacional México-Estados Unidos y sus implicaciones políticas para la relación bilateral.

A partir de un enfoque teórico de carácter interdisciplinario que combina las herramientas metodológicas de la geografía política y de la hidrogeología, se parte de una crítica fundamentada en las limitaciones epistemológicas del ciclo hidrológico, en el que se ha soslayado tanto el funcionamiento sistémico del agua subterránea, así como ha sido omiso a otras dimensiones como las relaciones sociales, el ejercicio del poder y el entendimiento de las implicaciones de la extracción del agua. Posteriormente, a lo largo de tres apartados que refieren al estudio de caso, se identifican y discuten de forma comparada los conceptos científicos existentes de agua subterránea y acuífero en los principales instrumentos

1. La presente investigación fue financiada por el CONACYT (Beca Posdoctoral No. 740288/CVU 270007). Se agradece la colaboración de la estudiante Dulce Sofía Hernández (Maestría en Gestión Integrada de Cuencas, UAQ).

2. International Groundwater Resources Assessment Center (IGRAC), 2018.

3. Hatch-Kuri, 2019a.

4. Hatch-Kuri, 2019b.

5. Rivera y Candela, 2018.

regulatorios de las aguas transfronterizas, así como en los marcos legales del agua de México y el sur de los Estados Unidos, a fin de determinar semejanzas, analogías o, en su caso, asimetrías. Finalmente, se plantea un análisis breve de los avances en la caracterización de los acuíferos transfronterizos México-Estados Unidos, y se concluye proponiendo una definición científica de agua subterránea transfronteriza, como referente para la gestión del inventariado y caracterización de esos cursos de agua en ambos países.

El agua subterránea: subrepresentada, fragmentada y despolitizada

El agua es un elemento híbrido que conjunta dos dimensiones que se estudian dicotómicamente en la geografía y en la ciencia: la natural y la social. Su movilidad planetaria facilita el contacto social para su apropiación y transformación a través de una infinidad de procesos tanto biológicos como materiales. Sin embargo, la explicación científica de dichos procesos se caracteriza por una excesiva fragmentación epistemológica, lo que ha dado lugar al estudio particular de lo que en el espacio se manifiesta como múltiples tipos de aguas con diferentes propiedades, cualidades y atributos, y situadas en diversas escalas de análisis, verbigracia, las aguas rurales, las aguas urbanas, las aguas agrícolas, las aguas residuales, el agua potable, el agua tratada, el agua pluvial, las aguas recicladas, el agua embotellada, el agua purificada y, en escalas de mayor alcance regional, las aguas transfronterizas; un ejemplo al caso son las aguas subterráneas transfronterizas. Esta fragmentación es resultado de la transformación socio-técnica del agua, así como de la división del trabajo académico en los estudios multidisciplinarios del agua.

El agua subterránea constituye el 97 % del agua dulce continental y físicamente accesible, el 3 % restante está representado por el agua superficial, frecuentemente contaminada en diferentes niveles. Esto posiciona a la primera como un elemento de la naturaleza mayormente apropiado, incrementando así la presión sobre su extracción⁶. Las miradas esencialistas que prevalecen en el estudio del agua han jugado un papel

clave para que el agua subterránea carezca de prestigio social. Uno de ellos es su tratamiento científico, el cual es de extrema fragmentación epistemológica (geología, hidrogeología, hidrogeoquímica, ingeniería hidráulica, etc.), acentuando la aparente desconexión que existe de estos saberes con el estudio de las formas sociales de apropiación de esta agua. Algunos especialistas defienden la idea de que el conocimiento del agua subterránea debe ser, antes que nada, de carácter técnico, lo cual imposibilita la interacción con otros saberes que permitan el reconocimiento de las complejas formas que distinguen el metabolismo seminal de la relación ser humano-naturaleza⁷. Así, se verifica la omisión del agua subterránea en dos niveles epistemológicos: en el propio ciclo hidrológico⁸ y en la propuesta teórica del ciclo hidrosocial. Una visión sistémica permitiría reconocer la interdependencia de estos tres componentes, desde un sentido de complejidad y totalidad⁹.

Desde su formulación en 1931, el ciclo hidrológico fue conceptualizado para comprender el recorrido planetario en las diferentes fases físico-químicas del agua, pero en su abstracción y representación iconográfica, la fase correspondiente al movimiento y residencia del agua en el subsuelo, ha sido poco difundida y valorada. Aportaciones recientes de la hidrogeología fundamentan el funcionamiento sistémico del agua subterránea¹⁰ dentro del ciclo hidrológico para explicar los factores que inciden en el recorrido natural del agua por las rocas (acuíferos), su relación con las áreas de recarga (infiltración), áreas de tránsito y tiempos de residencia del movimiento del agua en el subsuelo (de decenas a millones de años), las áreas de descarga natural (en manantiales continentales o en los océanos), así como su interdependencia ecosistémica con el suelo, la vegetación, el clima y la geomorfología. De esta aportación, destaca que los conceptos acuífero y agua subterránea no son sinónimos¹¹, y que tanto el agua subterránea como la superficial son un elemento único, conectado a través de las áreas de recarga y descarga hídrica. El

6. Según UNESCO (WWP, 2017), el 80 % de las aguas residuales retornan a los ecosistemas sin un tratamiento adecuado; en América Latina entre el 70 y 80 % de las aguas negras se siguen vertiendo sin tratamiento previo. Hoy en día, a estas aguas contaminadas se les conoce como el oro negro, por su capacidad de crear plusvalía a partir de su tratamiento residual.

7. Moreira, 2010.

8. Una numerosa cantidad de representaciones gráficas del ciclo hidrológico se encuentran disponibles en la web, pero la que se ha replicado en la enseñanza es la del U.S. Geological Service.

9. Castro, 2007.

10. Tóth, 1999.

11. En los estudios sociales del agua existe poca claridad conceptual sobre los conceptos que definen el agua subterránea. Así, términos empleados usualmente como "mantos freáticos", "bolsones", "cuencas subterráneas", "nivel freático", "ríos subterráneos", etc., son empleados usualmente como sinónimos de agua subterránea y de la roca que la contiene (acuífero).

Ciclo Hidrológico y el Funcionamiento Sistémico del Agua Subterránea son un solo componente que expresa el recorrido planetario del agua por las diferentes capas del planeta, es decir, la atmósfera, biosfera, litósfera e hidrosfera.

Empero, un problema central es que en la descripción anterior sigue estando ausente el ser humano¹² que, precisamente, es la razón ontológica de los debates contemporáneos de los estudios interdisciplinarios del agua. Acunado en el entrecruce de la geografía y la ecología política, el Ciclo Hidrosocial propone un método para estudiar la organización espacial del agua, indicando que el agua se produce a través de un proceso infinito de hibridación de la naturaleza –en este caso el agua– como el reflejo de la relación metabólica-seminal del ser humano y la naturaleza. En este proceso, el agua integra formas particulares de relaciones sociales como componentes del espacio geográfico, es decir, formas hidrosociales particulares¹³. Una de estas formas es el aprovechamiento del agua subterránea en diferentes procesos, que, por su extracción, consumo, contaminación y capacidad de gestar conflictos, requiere una explicación teórica que supere los reduccionismos técnicos y la fragmentación epistémica de la que es objeto frecuentemente en la literatura especializada.

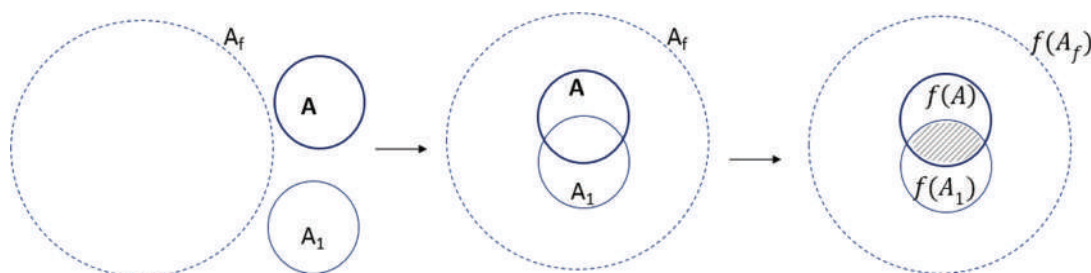
Desde este enfoque crítico, las relaciones sociales con el agua son al mismo tiempo relaciones de poder, las cuales se entretajan en siete fases distintas, pero en cada una se lleva a cabo el proceso de hibridación hídrica (natural-social). La primera fase es la científica –las formas epistemológicas que definen su entendimiento, ¿quién y cómo se decide qué es el funcionamiento del agua?–; la segunda es la técnica –la infraestructura para modifi-

car el ciclo hidrológico–; la tercera es el poder –¿quién y cómo controla el agua?–; la cuarta es la normativa

–¿cómo se regula o media la relación con el agua?–; la quinta son las relaciones sociales mediadas por el agua –cada forma particular de agua supone un conflicto–; la sexta es la experiencia –conjunto de saberes sobre el agua– y la séptima es la gestión –la instrumentalización de políticas de manejo social del agua–. Visto lo anterior, el proceso de la hibridación del agua subterránea dependería de su conceptualización epistémica, de las técnicas para su manejo, de las decisiones políticas y jurídicas y de los conflictos que se producen por las visiones encontradas entre todos los actores que intervienen en cada una de las fases descritas. El desafío es la integración de ambos ciclos, tanto el ciclo hidrológico –incluyendo el funcionamiento sistémico del agua subterránea– como el ciclo hidrosocial, los cuales desde nuestra perspectiva se pueden representar de la siguiente manera (Figura 1):

Tres funciones coexisten dentro del propio ciclo hidrosocial (A_f), integrando funciones sistémicas del ciclo hidrológico (A) y del funcionamiento del agua subterránea (A_1). El ciclo hidrosocial como función principal (f) engloba a su vez las funciones (f) de A y A_1 , es decir, Los paréntesis externos representan la integración de funciones; la $f(A) + f(A_1)$ función de un ciclo; las variables que encierran los paréntesis internos simbolizan todas aquellas variables que conforman cada ciclo y sistema (precipitación, escurrimiento, infiltración, etc.); y el signo más (+) refiere a la conjunción (interrelación o dependientes) entre dos ciclos (A y A_1). Si se considera que las funciones del ciclo hidrológico $f(A)$ y el sistema de flujos de agua subterránea $f(A_1)$ forman parte de la

Figura 1. Integración del ciclo hidrosocial (A_f), ciclo hidrológico (A) y el funcionamiento sistémico del agua subterránea (A_1)



Fuente: elaboración propia a partir de Swyngedouw, 2009, y Linton & Budds, 2014.

¹² Desde la geografía se ha desarrollado en las últimas décadas un fecundo debate sobre la relación orgánica ser humano-naturaleza. Véase las obras de Smith (2010) y Moreira (2010).

¹³ Swyngedouw, 2009. Linton & Budds, 2014.

función hidrosocial $f(A_f)$, la expresión final es que sintetizaría una visión de totalidad y de interdependencia entre estos tres ciclos es:

$$f(A_f) = (f(A) + f(A_1))$$

Con esta abstracción, se pretende iniciar un debate académico, para representar y abstraer la compleja integración de dos ciclos que en apariencia están separados, pero que en realidad son una totalidad, porque revelan la dimensión de la relación metabólica-seminal ser humano-agua. Por lo anterior, en esta contribución serán objeto de interpretación únicamente las fases científica y del poder. La primera se explicará a través del debate conceptual que existe entre los conceptos acuífero y agua subterránea, vistos desde la explicación de la hidrogeología, mientras que, para la dimensión de poder, se agrega la cualidad transfronteriza, que involucra en este caso, el concepto soberanía. En el presente trabajo, se entiende a la soberanía como una expresión de la manifestación del poder de una determinada sociedad que tiene la capacidad de establecer sus normas internas para regular el acceso a sus elementos naturales fundamentales, como el agua y, por lo tanto, decide soberanamente –sin la injerencia de otro estado– de qué forma la usará, consumirá y distribuirá entre sus usuarios¹⁴.

¿Acuífero transfronterizo o agua subterránea transfronteriza?

En términos del derecho internacional aplicado a las aguas transfronterizas, existen dos instrumentos regulatorios vinculantes que, en su contenido, describen situaciones condicionales para que los estados identifiquen y reconozcan el agua subterránea transfronteriza. Por una parte, el Convenio sobre la Protección y Utilización de los Cursos de Agua Transfronterizos y de los Lagos Internacionales o Convenio UNECE de Helsinki, 1992, señala que el agua subterránea puede poseer el estatus transfronterizo siempre y cuando se verifique que esta es atravesada por una frontera internacional, y por otra parte, la Resolución de Naciones Unidas 51/229 Convención sobre el Derecho de los Usos de Agua Internacionales para Fines Distintos a la Navegación o Convención ONU de Nueva York, 1997, considera que los cursos de agua internacionales son una sola

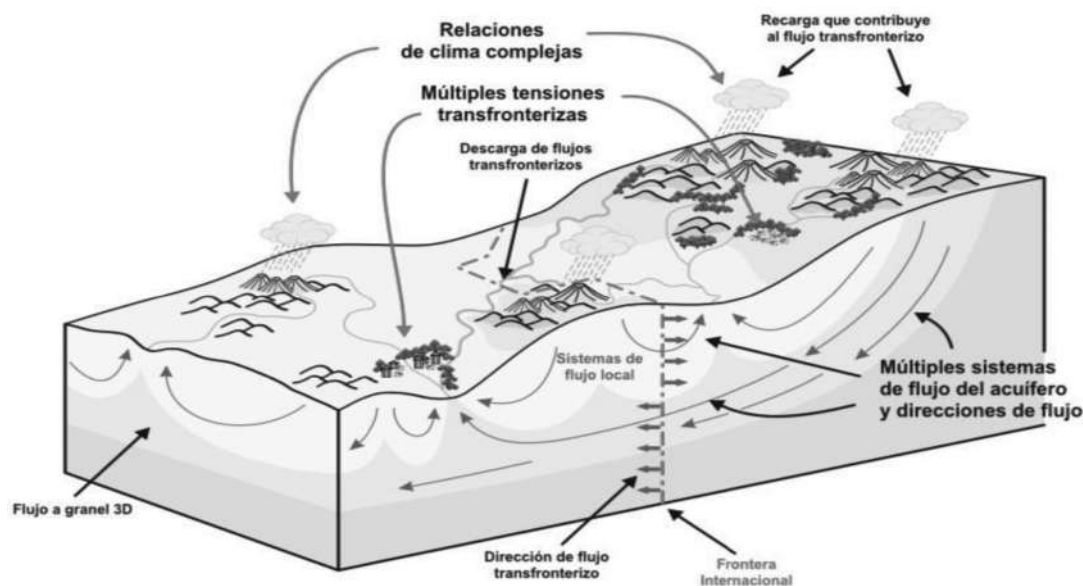
unidad física –superficial y subterránea–, por lo que el agua subterránea transfronteriza, entendida como sinónimo de acuífero transfronterizo para esta Convención, son únicamente aquellos acuíferos de naturaleza no confinada. La distinción entre ambas descripciones es conceptual, pues plantea dos términos diferentes: agua subterránea transfronteriza y acuífero transfronterizo. En sentido estricto, la última ignora toda el agua subterránea que se encuentre por debajo de un acuífero no confinado; esto es, cualquier acuífero de naturaleza transfronteriza que sea de naturaleza confinada o semi-confinada.

Mientras que el convenio UNECE de Helsinki, alude al agua subterránea a partir de la condicionante que implica la evaluación de su movimiento por debajo de la superficie terrestre (como sistema de flujo), exige para ello evidencias científicas que lo comprueben. Esto implica, de facto, que los estados interesados deban celebrar acuerdos para caracterizar el funcionamiento del agua subterránea y poder así verificar su condición de movimiento en la región transfronteriza. Por lo tanto, el concepto empleado es agua subterránea transfronteriza, mientras que, en la convención de la ONU de Nueva York, la definición parte del principio de que el agua subterránea fluye a través de los acuíferos. Esta situación implica, a la postre, que ya no sea más el agua subterránea el concepto que debe ser evaluado, por el contrario, se privilegia la determinación del tipo hidráulico (confinado o no confinado) del acuífero compartido (Figura 2, donde se ilustra un acuífero no confinado).

Ciertamente, esto es un aspecto positivo porque reconoce que el agua subterránea es una parte constitutiva fundamental del ciclo hidrológico en condiciones transfronterizas y, en consecuencia, cuestiona la viabilidad de continuar gestionando y regulando las aguas transfronterizas fragmentariamente, dicho de otro modo, una política hídrica y tratados internacionales para el agua superficial vs una política hídrica y tratados internacionales para el agua subterránea. Empero, si la definición agua subterránea transfronteriza es entendida como sinónimo de acuífero transfronterizo no confinado, esto conduce a subsumir en un acto, *a posteriori*, la evaluación del funcionamiento del agua subterránea dentro del acuífero –en contra de lo que sugiere el Convenio UNECE de Helsinki–. Prevalce así la necesidad de caracterizar, primeramente, el tipo de formaciones geológicas y verificar su naturaleza transfronteriza y no confinada, lo que excluye, además, otros tipos de unidades geológicas y su respuesta

¹⁴. Ribeiro, 2010.

Figura 2. Sistema Hidrológico Transfronterizo, figura adaptada de UNESCO, 2015



Fuente: recuperado y adaptado para fines explicativos de UNESCO, 2015.

a la extracción de agua por pozo como aquellas en condiciones confinadas y semi-confinadas. Así, para la convención de la ONU de Nueva York, la determinación del funcionamiento sistémico del agua subterránea ha quedado peligrosamente en un segundo plano.

No obstante, a fin de subsanar las diferencias conceptuales anteriormente descritas, se presentó en las Naciones Unidas en 2008 el Proyecto de Resolución 63/124, El derecho a los acuíferos transfronterizos, que reconoce al agua subterránea como cauce internacional. En este documento no existe la definición agua subterránea transfronteriza, en su caso en el artículo 2, se definen cuatro conceptos relativos al acuífero transfronterizo:

- Se entiende por acuífero una formación geológica permeable portadora de agua, situada sobre una capa menos permeable, y el agua contenida en la zona saturada de la formación;
- Se entiende por sistema acuífero una serie de dos o más acuíferos que están conectados hidráulicamente;
- Se entiende por acuífero transfronterizo o sistema acuífero transfronterizo, respectivamente, un acuífero o sistema acuífero que tenga partes situadas en distintos estados;
- Se entiende por estado del acuífero un estado en cuyo territorio se encuentra parte de un acuífero o sistema acuífero transfronterizo.

Estas definiciones resaltan, en efecto, la importancia primordial de conceptualizar, en primera instancia, las características del acuífero (litología, estratigrafía, estructura, conductividad hidráulica, porosidad), a fin

de poseer una visión 3D (geometría) y la información necesaria para determinar su condición transfronteriza. También se considera que el acuífero puede estar vinculado hidráulicamente con otros, gracias al movimiento de los flujos del agua entre estos, pero es evidente que esta conceptualización que ha servido para que los estados evalúen su agua subterránea en condiciones fronterizas, deja en un segundo plano la evaluación científica del movimiento del agua en sistemas de flujo.

Resulta obvio que una caracterización adecuada de los acuíferos cuyas propiedades determinan el movimiento del agua es un acto imperativo, pero debe enfatizarse que una de las limitaciones fundamentales que transmiten las anteriores definiciones ligadas al acuífero es la noción de que el agua subterránea permanece estática y se encuentra almacenada en el subsuelo, en detrimento del cúmulo de evidencias científicas que concluyen que los Sistemas de Flujo de Agua Subterránea (SFAS) están situados a diferente profundidad y viajan con diferente velocidad espacio-temporal que permiten que se infiltre y emerja en superficie. En otras palabras, lo que está en movimiento es el agua, no el referente geológico particular como privilegia esta conceptualización¹⁵.

La UNECE, por su parte, considerando el contenido mandatorio del Convenio de Helsinki, publicó las Disposiciones Modelo para las Aguas Subterráneas Trans-

¹⁵ Tóth, 1999. Russell et al., 2017.

fronterizas (2014) a efecto de precisar qué es lo que se debe gestionar, evaluar y bajo qué principios debe hacerse. En su introducción, se reconoce la existencia de una discrepancia conceptual entre acuífero transfronterizo y agua subterránea transfronteriza, pero señala que el citado Convenio mandata evidenciar la condición transfronteriza del agua subterránea, es decir, que su movimiento en flujo sea compartido por dos o más estados, afirmación que, huelga decir, no excluye la determinación de las condiciones particulares de los acuíferos, por el contrario, es un componente intrínseco a esta¹⁶.

Otro documento semejante son las Estrategias Regionales para la Evaluación y Gestión de los Acuíferos Transfronterizos en las Américas¹⁷ que tiene la finalidad de que los estados americanos se orienten para ejecutar estrategias para evaluar sus acuíferos compartidos. A diferencia de las Disposiciones Modelo, esta guía recupera el concepto acuífero transfronterizo de la Resolución 63/124. Su aportación radica, entre otras cosas, en la formulación de un esquema integral para gestionar los acuíferos, a través de la aplicación de modelos conceptuales que incluyen únicamente el balance hidrológico y la determinación de la disponibilidad del agua subterránea en los acuíferos, así como la creación de bases de datos transfronterizas y geoespacializadas. Es de anotar que este tipo de metodología ha sido cuestionada en el ámbito internacional desde hace varias décadas¹⁸, sin embargo, se sigue impulsando su aplicación, creando

severas inconsistencias en la caracterización física del ciclo hidrológico en condiciones transfronterizas.

En suma, se aprecia en el conjunto de documentos analizados la divergencia en torno a los conceptos agua subterránea transfronteriza y acuífero transfronterizo, ambos con connotaciones distintas (Tabla 1), pues mientras que para la convención ONU de Nueva York y la Resolución 63/124 destaca la importancia del acuífero y su determinación transfronteriza, para UNECE el principal concepto a evaluar es el funcionamiento del agua subterránea, lo que implica identificar la distribución espacial de componentes como áreas de recarga-tránsito-descarga en las zonas fronterizas, el origen del agua y su tiempo de residencia en el acuífero (edad), entre otros. Resta preguntarse a fin de estimular el debate académico, ¿es el concepto acuífero transfronterizo la unidad de gestión más adecuada para definir el funcionamiento del agua subterránea transfronteriza?

La Resolución 63/124, que permanece aún en estatus de borrador, es un referente para que los estados interesados promuevan acuerdos de evaluación y gestión de los acuíferos transfronterizos. En el caso México-Estados Unidos, se han registrado avances significativos en la caracterización binacional de cuatro acuíferos transfronterizos, por medio del TAAP, aunque no ha sido posible todavía formalizar algún acuerdo general para su gestión conjunta por ambos países. No obstante, el resultado de estos trabajos revela la marcada influencia del concepto acuífero transfronterizo.

Tabla 1. Definiciones conceptuales de agua subterránea transfronteriza en el derecho internacional

Instrumento	Tipo	Fecha	Definición conceptual
Convenio sobre la protección y utilización de los cursos de agua transfronterizos y de los lagos internacionales (Convenio UNECE de Helsinki)	Vinculatorio	1992	El agua subterránea puede ser transfronteriza, siempre y cuando se verifique su movimiento y tal condición.
Convención sobre el derecho de los usos de agua internacionales para fines distintos a la navegación (Convención ONU de Nueva York)	Vinculatorio	1997	Los acuíferos transfronterizos son únicamente los no confinados.
Proyecto de resolución 63/124 El derecho a los acuíferos transfronterizos	Pendiente de aprobar	2009	Formación geológica permeable portadora de agua situada sobre una capa menos permeable, y el agua contenida en la zona saturada de la formación, la cual puede ser afín hidráulicamente con otros acuíferos, formando un sistema acuífero transfronterizo el cual, por su extensión geológica, puede tener diferentes partes situadas en distintos estados.
Disposiciones modelo para las aguas subterráneas transfronterizas (UNECE)	Disposición con efectos vinculantes	2014	Evaluar funcionamiento del agua subterránea y la determinación de su condición transfronteriza

Fuente: elaboración propia a partir de la revisión de los instrumentos principales del derecho internacional de los cursos compartidos.

¹⁶. UNECE, 2014.

¹⁷. UNESCO, 2015.

¹⁸. Bredehoeft et al., 1982.

La resolución 63/124. El derecho a los acuíferos transfronterizos y su influencia en la evaluación de los acuíferos transfronterizos México-Estados Unidos

A la fecha, México y Estados Unidos no se han adherido al Convenio UNECE de Helsinki o, en su caso, a la Convención ONU de Nueva York, para emplearlas como guía o directriz internacional en la gestión y manejo de sus aguas subterráneas transfronterizas. No obstante, ambos países celebraron en el siglo pasado dos tratados internacionales y vinculantes para la distribución política de tres cuencas transfronterizas (Río Bravo, Río Colorado y Río Tijuana), Convención para la equitativa distribución de las aguas del Río Grande y Tratado sobre distribución de aguas internacionales entre los Estados Unidos Mexicanos y los Estados Unidos de América (Tratado de Aguas de 1944); en estos documentos no se contempla aún la regulación de las aguas subterráneas transfronterizas. Así, los tratados y las instituciones creadas para la gestión de los ríos compartidos, es decir, la Comisión Internacional de Límites y Aguas (CILA)¹⁹

han fungido, exprofeso, como los conductos diplomáticos para abordar las problemáticas que circundan la gestión del agua subterránea entre ambos países.

En los tratados binacionales, los conceptos aguas subterráneas transfronterizas y acuífero transfronterizo están ausentes. Este aspecto también se replica en el conjunto de leyes mexicanas del agua y en los marcos regulatorios domésticos de las entidades fronterizas del sur de los Estados Unidos (Arizona, California, Nuevo México y Texas). Cabe hacer notar que, al contrario de lo que sucede en el primer país, donde el agua subterránea es gestionada y controlada por el Poder Ejecutivo Federal, en los Estados Unidos esta es regulada por los gobiernos subnacionales, quienes la gestionan de acuerdo con diversas doctrinas relativas al manejo de derechos de agua que cada entidad ha adoptado para tal fin²⁰. De acuerdo con lo anterior, se observó inicialmente que en las propias disposiciones legales domésticas de ambos países existen discrepancias en la forma de concebir y conceptualizar al agua subterránea y a los acuíferos (Tabla 2). Esto se traduce en la aplicación de esquemas asimétricos de gestión del agua subterránea a lo largo de la frontera México-Estados Unidos.

Tabla 2. Definición legal de los conceptos agua subterránea y acuífero en los marcos regulatorios del agua de México y del sur de los Estados Unidos

Concepto	Estado/País	Definición legal
Acuífero	Arizona	Formación geológica que contiene suficientes materiales saturados para almacenar y transmitir agua en cantidades utilizables a un pozo. Fuente: <i>Arizona Revised Statutes</i> .
	California	Formación o estructura geológica que transmite agua en cantidades suficientes para suministrar pozos o manantiales bajo bombeo. Fuente: <i>California Water Code</i> .
	New México	Formación geológica que contiene suficiente material saturado para almacenar y transmitir agua en cantidades utilizables en un pozo. Fuente: <i>New Mexico Statutes Chapter 72, Water Law</i> .
	Texas	Formación geológica, grupo de formaciones o parte de una formación capaz de producir cantidades significativas de agua subterránea en pozos o manantiales. Fuente: <i>Texas Administrative Code</i> .
	México	Cualquier formación geológica o conjunto de formaciones geológicas hidráulicamente conectadas entre sí, por las que circulan o se almacenan aguas del subsuelo que pueden ser extraídas para su explotación, uso y aprovechamiento y cuyos límites laterales y verticales se definen convencionalmente para fines de evaluación, manejo y administración de las aguas nacionales del subsuelo. Fuente: <i>Ley de Aguas Nacionales</i> .
Agua subterránea	Arizona	Este concepto no existe en la ley.
	California	Agua debajo de la superficie de la tierra dentro de la zona debajo de la capa freática en la que el suelo está completamente saturado de agua. Fuente: <i>California Sustainable Groundwater Act</i> .
	New México	Este concepto no existe en la ley.
	Texas	Agua que se filtra debajo de la superficie de la tierra. Fuente: <i>Texas Administrative Code</i> .
	México	Este concepto no existe en la ley.

Fuente: elaboración propia a partir de revisión de leyes relacionadas con el agua en la frontera México-Estados Unidos.

¹⁹. La CILA fue creada en el siglo XIX para resolver problemas asociados con la delimitación fronteriza. En 1927, se le agregaron atribuciones para gestionar las aguas transfronterizas. En México, la CILA depende de la Cancillería y en los Estados Unidos, del Departamento de Estado.

²⁰. Hatch-Kuri, 2017a. Sanchez & Eckstein, 2017.

En términos generales, el concepto acuífero está definido en todos los marcos jurídicos examinados, e incluso se encontró que existen otros conceptos semejantes que aluden al acuífero, como es el caso de depósito de agua subterránea (Ley de Aguas del Estado de Texas). Empero, la discrepancia o asimetría más acentuada radica en cómo cada país soberanamente concibe en términos jurídicos al acuífero. En Estados Unidos, como receptor o contenedor de agua subterránea en un tiempo indefinido, reservada para fines de aprovechamiento económico, soslayando así a los ecosistemas. En México, la definición destaca una incertidumbre para definir sus límites reales solo considerando los denominados convencionales (administrativos), aspecto que implica que estos pasan a ser un acto de conveniencia política para quien esté a cargo de establecerlos. En los Estados Unidos, por el contrario, su definición sugiere que deben existir evidencias científicas para determinar sus principales características (espesor, definición de límites laterales y horizontales). Esta visión encontrada, por una parte, la de los acuíferos administrativos mexicanos y, por otra, los acuíferos como formaciones geológicas, ha sido cartografiada en otros trabajos, quienes estimaron un número total de acuíferos transfronterizos México-Estados Unidos²¹. Su estudio revela que, a partir de las definiciones legales vigentes

de los acuíferos, existen 36 acuíferos mexicanos (administrativos) y otros 36 (de naturaleza geológica) en los Estados Unidos, pero que el conjunto de información analizada sugiere que únicamente en 16 existe la información razonable para concluir que su naturaleza es transfronteriza.

Estudios más recientes²² caracterizaron la litología, estratigrafía y algunos elementos de la conductividad hidráulica en los materiales geológicos fronterizos México-Texas, para precisar su naturaleza transfronteriza. El estudio concluye la existencia de 33 acuíferos transfronterizos localizados desde la conurbación binacional de Ciudad Juárez/El Paso, hasta el Golfo de México. Sin duda, este estudio debe ser replicado en el resto de la frontera México-Estados Unidos; sus resultados ayudarían a superar la actual limitación oficial, que únicamente reconoce 11 acuíferos compartidos por ambos países (Figura 3). No obstante, ambos estudios pueden complementarse con la determinación sistémica de los flujos del agua subterránea transfronteriza y su funcionamiento.

A la par de estas contribuciones, en 2016 en Estados Unidos se concluyó el TAAP, que evaluó cuatro acuíferos compartidos con México: Río Santa Cruz, Río San Pedro (Sonora-Arizona), Bolsón del Hueco y Bolsón de la Mesilla/Conejos-Médanos (Chihuahua-Texas y Nuevo México). El TAAP creado en 2006 bajo la Ley Federal United

Figura 3. Acuíferos transfronterizos reconocidos oficialmente por México y los Estados Unidos, según CILA (2020)



Fuente: recuperado del sitio web de la CILA y adaptado para fines explicativos (2020).

²¹. Sanchez et al., 2016.

²². Sanchez et al., 2018.

States-Mexico Transboundary aquifer assessment Act, consideró estratégicos esos cuatro acuíferos por constituir elementos centrales para la integración económica regional fronteriza²³. Este programa tuvo por objetivo, entre otros, desarrollar información binacional y compartir datos de la calidad y cantidad del agua subterránea, evaluar la asequibilidad y movimiento del agua subterránea transfronteriza y su interacción con agua superficial, aplicar modelos y la información necesaria para proteger la calidad del agua y mejorar las fuentes de abastecimiento y proveer de información útil a tomadores de decisiones. Sus resultados se han publicado hasta el momento en varios documentos, entre ellos, el San Pedro River Aquifer Binational Report (2016).

Dentro de trabajos recientes²⁴, se efectuó un análisis de los resultados de la evaluación binacional al Acuífero Transfronterizo Río San Pedro (Sonora-Arizona). Se concluyó que, si bien se reconoce la cooperación científica que dio lugar a datos como los indicadores hidrogeológicos, geológicos, meteorológicos, climatológicos y edáficos del acuífero, poco se logró respecto a la caracterización del agua subterránea entendida como sistema y su funcionamiento relacionado con otros componentes del ambiente. A pesar de ello, el TAAP ha sentado un precedente en materia de cooperación científica y diplomática en agua subterránea transfronteriza, tema que se trató con marcado énfasis en abril de 2019 en la Cumbre Binacional Sobre Aguas Subterráneas Transfronterizas México-Estados Unidos, en El Paso, Texas, foro convocado por la CILA.

Otros autores²⁵ señalan que evaluar el agua subterránea transfronteriza en ambos países y de forma conjunta es un problema mayor, pues se deben resolver las diferentes visiones conceptuales y metodológicas que privan en la evaluación de esta agua. En este sentido, en México, la Ley de Aguas Nacionales, carece de las definiciones agua subterránea y agua subterránea transfronteriza y la Norma Oficial Mexicana 011 de la Comisión Nacional del Agua (NOM-011-CONAGUA), es un instrumento desactualizado para evaluar el agua subterránea, básicamente, porque constituye una extrema simplificación de procesos complejos como la determinación del volumen del agua que se infiltra en el suelo y que llega a los acuíferos (geológicos o administrativos) conocida universalmente como recarga²⁶. La

información que emplea la NOM-011-CONAGUA, debe partir de una realidad hidrogeológica básica a partir de datos de campo, pero en su lugar, estos son evaluados de forma incierta y subjetiva, pues la Autoridad Hídrica Nacional (Comisión Nacional del Agua) carece de la infraestructura (física y humana) necesaria para determinarlos (no estimarlos) con un apoyo sistémico y precisión requerida.

El conjunto de los trabajos y marcos legales revisados, sugieren la influencia del concepto acuífero transfronterizo de la Resolución 63/124, pues ambos gobiernos y el sector académico se han enfocado en el estudio de sus características con un marcado énfasis de análisis estático del agua situada en los acuíferos transfronterizos México-Estados Unidos, estando aún pendiente la determinación del funcionamiento sistémico del agua subterránea transfronteriza, aspecto fundamental para codificarlo en las leyes domésticas o internacionales como cauces transfronterizos y, en consecuencia, establecer esquemas de gestión que incluyan sociedad y ecosistemas (teóricamente el proceso de hibridación del agua) conjuntos para su conservación ambiental. Algunos especialistas afirman que la noción de acuíferos –definidos por sus fronteras geológicas– está desapareciendo paulatinamente y será reemplazada por la noción de sistemas de flujo de agua subterránea –multiescala–, los cuales se convertirán en las unidades de estudio²⁷. Esto sugiere que los futuros trabajos de evaluación de acuíferos transfronterizos no pueden soslayar más la definición del funcionamiento de los Sistemas Gravitacionales de Flujo de Agua Subterránea (SGFAS), trabajos que ya se hacen en México, Canadá-Estados Unidos²⁸ y otras partes del mundo, como Asia²⁹ o Europa³⁰.

Hasta este punto, se ha pormenorizado el debate científico protagonizado por las ciencias experimentales en torno a la conceptualización del agua subterránea (A_1), a fin de incorporar el reconocimiento de su recorrido dentro del Ciclo Hidrológico (A). Por lo tanto, considerando la definición de las fases científica y técnica del ciclo hidrosocial, (f), se verifica que la búsqueda de un consenso científico entre pares especializados en el tema del agua subterránea es un acto que implicaría entender los procesos de hibridación del agua como una construcción discursiva que se trans-

23. Hatch-Kuri, 2017b.

24. Hatch-Kuri, Carrillo-Rivera & Huizar Álvarez, 2019.

25. Callegary et al., 2018.

26. Carrillo-Rivera et al., 2016.

27. Rivera, 2019.

28. Pétré y Rivera, 2015.

29. Han, He & Niu, 2010.

30. IGRAC, 2018.

forma, más tarde, en arreglos institucionales legales para controlar y manejar el agua desde las decisiones soberanas que corresponden a cada país en materia de cauces transfronterizos. En otras palabras, este proceso refleja aspectos propios de las relaciones o funciones hidrosociales, $f(A_p)$, como actos de poder que están sujetos previamente al consenso de los grupos científicos y especializados del agua; dicho de otro modo, este debate ilustra quién y de qué manera decide la definición del agua subterránea transfronteriza.

Hacia un referente conceptual, científico y legal común para el agua subterránea transfronteriza en México

Considerando los siete pilares de la cooperación transfronteriza planteados en la Resolución 64/692 Agua, Paz y Seguridad: Cooperación en las aguas transfronterizas de 2010, así como los resultados de la Consulta de 2012, Groundwater governance. El Global Framework for Action³¹, que llama a los estados a que regulen el agua subterránea en sus leyes hídras a fin de proteger y mejorar su gestión frente a los retos que implica el cambio climático y, finalmente, en plena conciencia de que el TAAP fue producto de una ley federal estadounidense para evaluar cuatro acuíferos transfronterizos con México, se redactó y publicó en México el documento intitulado Ley del agua subterránea: Una propuesta³², que tiene por objetivo la protección, preservación y control de la extracción del agua subterránea, a partir del funcionamiento sistémico de flujos de diferente jerarquía. De un total de 98 artículos y 11 capítulos, en este sentido, es de interés destacar el Capítulo VII “De los Acuíferos Transfronterizos”, por contener un marco regulatorio para las aguas subterráneas transfronterizas fundamentado en los principios de soberanía, integridad territorial y desarrollo sustentable³³.

Esta propuesta es el resultado de la integración, exprofeso, de especialistas en agua subterránea (hidrogeología, geografía, derecho ambiental y ciencia política), quienes, en la coyuntura actual de la pendiente expedición de la Ley General de Aguas, se sumaron a los esfuerzos de la sociedad organizada para modernizar el marco hídrico regulatorio. Incluso, para llamar la

atención al definitivo olvido del agua subterránea en la regulación mexicana. En esa tesitura, tres actividades académicas antecedieron la formulación del documento. Por una parte, se celebraron dos coloquios sobre El Agua Subterránea en México, el primero en 2013, en el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua y, el segundo, en 2015, en el Senado de la República con apoyo de la Comisión Especial de Cambio Climático³⁴, mientras que en 2017 se llevó a cabo en el Centro de Investigaciones sobre América del Norte, Universidad Nacional Autónoma de México, el Foro Internacional “Las asimetrías en la gestión y la regulación del agua subterránea en América del Norte: Hacia un esquema integral en México”³⁵. En el contexto de este último, se coordinó el Taller Internacional Regional strategies for the management of the transboundary aquifers, impartido por especialistas de Norteamérica.

En trabajos previos³⁶, se ha advertido que esta propuesta académica de ley se entregó a diversos actores involucrados (sector público, privado, académico, asociaciones civiles y organizaciones no gubernamentales). A cambio, se solicitó un dictamen con la finalidad de reformular y entregar, en su momento, una versión enriquecida meritoria de un trabajo de dictamen en el seno del Poder Legislativo Federal. Producto de la recepción de más de diez dictámenes se ha concluido que para la efectiva gestión de las aguas subterráneas transfronterizas en México, se debe poseer claridad sobre las definiciones conceptuales fundamentales acordes con los estándares científicos más altos con la finalidad de hacer frente a las asimetrías científicas e institucionales entre México y sus países limítrofes. Estos conceptos, posteriormente, deberán armonizarse con el contenido o actualización de los Tratados Internacionales que haya lugar, quedando de la siguiente manera:

- Agua subterránea: se refiere al agua que ocupa el espacio poroso o fracturado de los sedimentos y rocas en el subsuelo, producto de la infiltración del agua de lluvia (que depende de las condiciones del clima y vegetación en la superficie), a través del suelo; considerando también el agua que asciende a la superficie alimentando lagos, arroyos, ríos, ecosistemas, manantiales, y humedales.

³¹. Da Franca, 2012.

³². Carmona Lara et al., 2017.

³³. Cabe mencionar que no existe antecedente semejante a este documento en América Latina.

³⁴. Garza, Carrillo-Rivera y Huizar-Álvarez, 2018.

³⁵. Hatch-Kuri, 2019b.

³⁶. Hatch-Kuri, 2018.

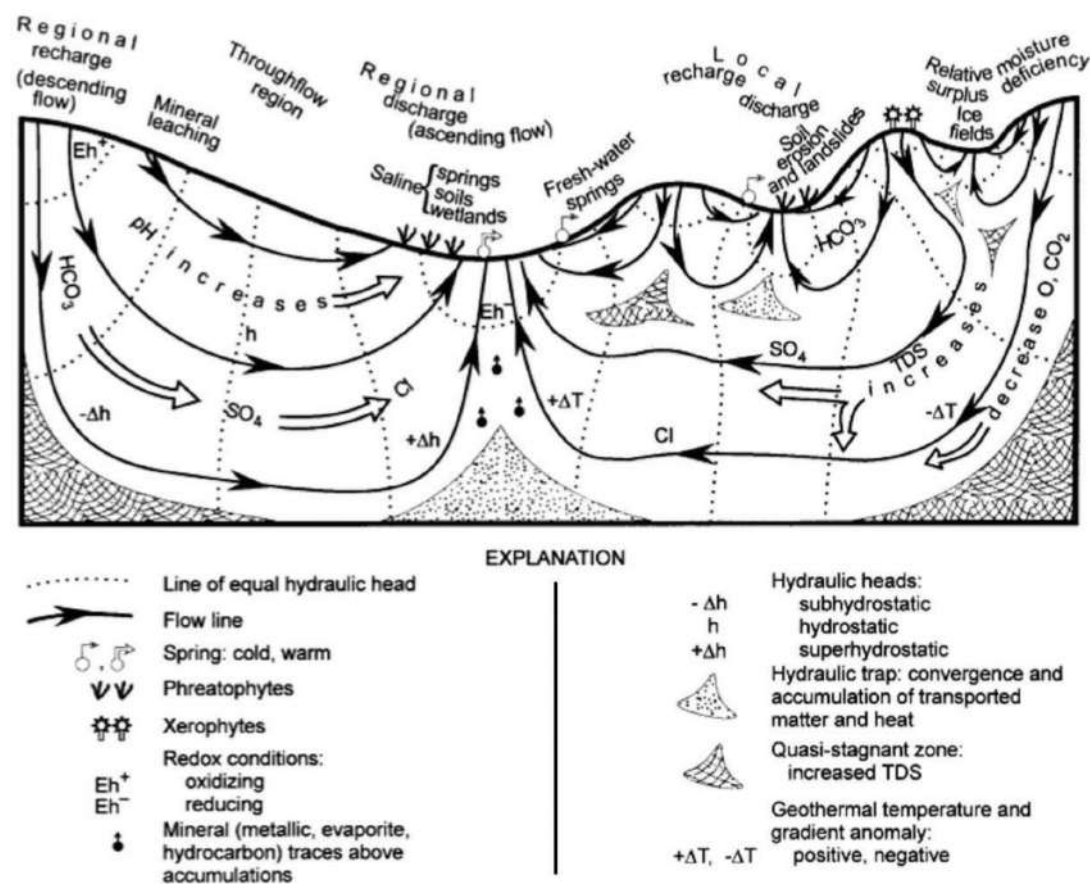
- Acuífero: es el medio geológico en el que se mueve el agua subterránea y cuyas propiedades (porosidad, coeficiente de almacenamiento y conductividad hidráulica-permeabilidad-) favorecen el volumen almacenado y el movimiento del agua subterránea.
- Patrones de flujo de agua subterránea: el flujo de agua subterránea es generado por las diferencias de elevación del nivel freático, mientras que los patrones de flujo se desarrollan en sistemas locales, intermedios y regionales, modificados por las heterogeneidades de la permeabilidad de las rocas en el subsuelo. La topografía tiene un efecto ubicuo en estos patrones, provocando su movimiento a mayores profundidades. Los sistemas locales tienen tiempos de residencia de meses a unos cuantos años; los intermedios de cientos de años, y los regionales hasta de miles de años. Su extensión deberá ser delimitada por la convergencia de al menos dos sistemas regionales.
- Interacciones del agua subterránea con el acuífero y los patrones de flujo son de tipo: i) físico, controladas por la Ley de Darcy; ii) químico, calidad del agua

debido a la disolución de los minerales de las rocas del subsuelo; iii) isotópico, debido a la elevación de las áreas de recarga y su edad o tiempo de residencia en el subsuelo; iv) biológico, por su interacción con los ecosistemas, las cuales son manifiestas en forma contrastante en las áreas de descarga, tránsito y recarga de cada patrón de flujo.

Con los anteriores conceptos, se persigue la posesión de una claridad conceptual y metodológica que, transferida al marco legal, profundice en la definición de los sistemas de flujo del agua subterránea transfronteriza y que están precisamente ilustrados en el esquema de la Figuras 2 (flechas que simulan el flujo del agua dentro del acuífero) y 4 (los sistemas de flujo Tóthianos).

Bajo el paradigma conceptual de los SGAFS, además su beneficio se expresa en la claridad de la ubicación espacial de componentes clave, tales como las áreas de recarga, tránsito y descarga del agua subterránea en condiciones transfronterizas –visión integrada del Ciclo Hidrológico–, situación que obliga a repensar has-

Figura 4. El acuífero y los sistemas de flujo de agua subterránea según Tóth (1999)



Fuente: imagen adaptada para fines explicativos de Tóth, 1999.

ta dónde es conveniente continuar usando el concepto acuífero transfronterizo, como la unidad de gestión para estas aguas compartidas³⁷. En suma, nuestro planteamiento persigue el fortalecimiento y la plural participación en tres procesos paralelos situados en distintas escalas de acción, todos con significativas implicaciones científico-políticas para México en términos de las prevalecientes asimetrías que imperan en la gestión de sus cursos de agua transfronterizos:

1. Desde 2015, en México se ha desarrollado un amplio debate público relacionado con la pendiente expedición de la Ley General de Aguas, reglamentaria de los artículos constitucionales 4º (Derecho Humano al Agua y Saneamiento) y 27º (aguas nacionales). A la fecha, las iniciativas presentadas en las comisiones legislativas de agua del H. Congreso de la Unión, se distinguen por ser omisas con la regulación del agua subterránea entendida como un cauce transfronterizo.
2. Así como el TAAP en 2006 estableció en Estados Unidos un precedente científico-político para evaluar cuatro acuíferos compartidos con México, estimulando la producción de evidencias científicas como base para incidir en la futura formulación de un tratado general que regule las aguas subterráneas transfronterizas; en México, es impostergable impulsar iniciativas semejantes que coadyuven en el futuro proceso de negociaciones internacionales sobre este tema, con estricto apego a los principios de soberanía, integridad territorial y desarrollo sostenible.
3. Considerando la activa participación de los integrantes de la comisión de Acuíferos Transfronterizos de la Asociación Internacional de Hidrogeólogos, así como de la Comisión Internacional de Derecho de Aguas Internacionales de Naciones Unidas, quienes han influido marcadamente en el proyecto de resolución 63/124, es necesario actualizar el contenido de dicho documento en vías de su posible aprobación futura en el seno de la Asamblea de las Naciones Unidas.

No existe duda alguna que llegado el momento, México y sus países vecinos requerirán formar tratados internacionales mediados por prácticas diplomáticas efectivas que desemboquen en la formulación de acuerdos y esquemas de cooperación en materia de aguas

subterráneas transfronterizas con conceptos, metodologías y resultados homologados, con unidades de manejo de aguas subterráneas compartidas definidas y programas hídricos específicos para su eventual gestión bajo una visión integral como la que recupera el ciclo hidrosocial (A_p).

Conclusiones

Desde el enfoque teórico e interdisciplinario del ciclo hidrosocial (A_p) en el que se planteó una visión de totalidad, los resultados de esta investigación demuestran que la definición de los conceptos que refieren al agua subterránea (A_i), sobre todo considerando su condición de cauce transfronterizo o compartido, aún son objeto de controversia internacional debido a la escasa homologación, entendimiento, y aplicación de conceptos científicos, actividad propia de las fases científica y técnica de dicho ciclo. Este debate ilustra además el proceso de hibridación del agua, porque internaliza relaciones de poder que involucran la actividad científica (grupos altamente especializados) y las decisiones que toman los Estados a partir de las evidencias que ofrezcan los primeros en temas como el aquí tratado, en otras palabras, se pormenorizó la relación ciencia-poder en el caso de las asimetrías que imperan en la incipiente evaluación de los acuíferos transfronterizos México-Estados Unidos.

Los SGFAS y sus componentes –agua subterránea, referente geológico, patrón de sistemas de flujo y su interacción– son la base del concepto científico y legal de agua subterránea transfronteriza. En esta contribución se evidenció que el concepto acuífero transfronterizo planteado en el proyecto de resolución 63/124 ha influido en la evaluación científica de los acuíferos transfronterizos México-Estados Unidos, aportando evidencias en la definición de las unidades hidrogeológicas compartidas, pero no así sobre el funcionamiento sistémico del agua subterránea, situación que se traduce en la todavía escasa determinación de información que aporte evidencias sobre en qué estado se encuentra las áreas de recarga y de descarga, entre otros, información clave para establecer programas de cooperación conjunta para su protección y conservación ambiental. Por esa razón, es deseable producir evidencias científicas respecto al funcionamiento dinámico del agua subterránea más allá de la definición estática de acuífero, a fin de armonizar conceptos científicos y definiciones legales en las regulaciones do-

³⁷. Rivera, 2019.

místicas del agua en ambos países y poseer marcos de cooperación simétricos de estandarización científica homologada. No se puede olvidar que el concepto que se extrae y aprovecha al final es el agua subterránea y no el acuífero *per se*.

La literatura especializada sugiere que el trabajo de evaluación de los acuíferos transfronterizos, en un futuro, deberá basarse en evidencias científicas que ayuden a resolver la incógnita que refiere qué país extrae o ha extraído más agua subterránea para poder aclarar cuál de los estados involucrados deberá asumir mayores responsabilidades en el deterioro, no solo de la cantidad, sino de la calidad del agua subterránea transfronteriza. Mientras tanto, un primer avance fundamental es la incorporación de estos conceptos en la actual legislación mexicana a fin de tener certeza en el ejercicio de la soberanía y del manejo del agua subterránea en condiciones transfronterizas.

BIBLIOGRAFÍA

- Bredehoeft, J. D., Papadopoulos, S. S. & Cooper Jr., H. H. 1982: "Groundwater: the water budget myth". In *Scientific basis of water resource management*, Studies in Geophysics, Washington, DC (USA), National Academy Press, 51-57.
- Callegary, J. B., Megdal, S. B., Tapia Villaseñor, E. M., Petersen-Perlman, J. D., Minjárez Sosa, I., Monreal, R., Gray, F., Grijalva Noriega, F. 2018: "Findings and lessons learned from the assessment of the Mexico-United States transboundary San Pedro and Santa Cruz aquifers: the utility of social science in applied hydrologic research". *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 20, 60-73. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2018.08.002>
- Callegary, J. B., Minjárez Sosa, I., Tapia Villaseñor, E. M., Dos Santos, P., Monreal Saavedra, R., Grijalva Noriega, F. J., Huth, A. K., Gray, F., Scott, C. A., Megdal, S. B., Oroz Ramos, L. A., Rangel Medina, M., & Leenhouts, J. M. 2016: *San Pedro River Aquifer Binational Report*. International Boundary and Water Commission, Universidad de Sonora, CONAGUA, University of Arizona, U.S. Geological Service.
- Carmona Lara, M. C., Carrillo-Rivera, J. J., Hatch-Kuri, G., Huizar-Álvarez, R. y Ortega-Guerrero, M. A. 2017: *Ley del agua subterránea: una propuesta*. Ciudad de México, (México), Universidad Nacional Autónoma de México.
- Carrillo-Rivera, J. J., Peñuela-Arévalo, L., Huizar-Álvarez, R., Cardona Benavidez, A., Ortega-Guerrero, M. A., Vallejo Barba, J. y Hatch-Kuri, G. 2016: "Conflictos por el agua subterránea", en Moncada Maya, J. O. y López López, A. (Coords.), *Geografía de México: Una Reflexión Espacial Contemporánea*, Tomo 1, Ciudad de México (México), Universidad Nacional Autónoma de México, 151-166.
- Castro, J. E. 2007: "El estudio interdisciplinario de los conflictos por el agua en el medio urbano: una contribución desde la sociología". *Cuadernos del CENDES*, 24 (66), 21-46.
- Da Franca, N. 2012: "Informe final". *Consulta Regional América Latina y el Caribe. 18 al 20 de abril de 2012*. Montevideo (Uruguay), FAO, GEF, AIH, UNESCO-PHI, BM.
- Garza, S., Carrillo-Rivera, J. J. y Huizar-Álvarez, R. 2018: *Coloquios sobre el Agua Subterránea en México*. Ciudad de México (México), Senado de la República, LXIII legislatura.
- Han, Z., He, J. & Niu, I. 2010: "Transboundary aquifers in Great Mekong river basin", in *Challenges and New Directions: Proceedings of Isarm 2010 International Conference Transboundary Aquifers*. Paris (France), UNESCO-IHP, 55-58.
- Hatch-Kuri, G. 2017a: *Paso del Norte: La competencia por las aguas transfronterizas*. Ciudad Juárez (México), El Colegio de Chihuahua-Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. <https://doi.org/10.17561/at.13.4121>
- Hatch-Kuri, G. 2017b: "Agua subterránea y soberanía interdependiente: el caso de los sistemas acuíferos transfronterizos en la región binacional de Paso del Norte". *Norteamérica*, 12 (2), 113-145.
- Hatch-Kuri, G. 2018: "A joint management of transboundary aquifers: from asymmetries to environmental protection". *Frontera Norte*, 30 (59), 129-154. <https://doi.org/10.17428/rfn.v30i59.1130>
- Hatch-Kuri, G. 2019a: "Cumbre Binacional sobre Aguas Subterráneas Transfronterizas México-Estados Unidos. Tech20 Center, El Paso, Texas, 10 y 11 de abril". *Investigaciones Geográficas*, 99, 1-3. <https://doi.org/10.14350/rig.59965>
- Hatch-Kuri, G. 2019b: "Toward comprehensive groundwater management in Mexico. Dossier". *Voices of Mexico*, 108, 57-58.
- Hatch-Kuri, G., Carrillo-Rivera, J. J. & Huizar-Álvarez, R. 2019: "Evaluación crítica del acuífero transfronterizo Río San Pedro". *Regions and Cohesion*, 9 (1), 61-85. <https://doi.org/10.3167/reco.2019.090106>
- International Groundwater Resources Assessment Center (IGRAC), 2018: *Population and areal statistics for 199 Transboundary Aquifers*. Delft (Holland), International Groundwater Resources Assessment Center.
- Linton, J. & Budds, J. 2014: "The hydrosocial cycle: defining and mobilizing a relational-dialectical approach to water". *Geoforum*, 57, 170-180. <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2013.10.008>
- Moreira, R. (2010). *Para onde vai o pensamento geográfico?: por uma epistemologia crítica*. São Paulo (Brasil), Editora Contexto.
- Pétre, M. A. & Rivera, A. 2015: *Synthesis of knowledge of the milk river transboundary aquifer (Alberta, Canada-Montana, U.S.A.)*. Montreal (Canadá), Natural Resources Canada. <https://doi.org/10.4095/295754>
- Ribeiro, W. C. 2010: "Geografía política e gestão internacional dos recursos naturais". *Estudos avançados*, 24 (68), 69-80. <https://doi.org/10.1590/S0103-40142010000100008>

- Rivera, A.** 2019: "What is the future of groundwater?". *Groundwater*, 57 (5), 661-662. <https://doi.org/10.1111/gwat.12902>
- Rivera, A. & Candela, L.** 2018: "Fifteen-year experiences of the internationally shared aquifer resources management initiative (ISARM) of UNESCO at the global scale". *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 20, 5-14. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2017.12.003>
- Russell, H., F. & Priebe, E. H.** 2017: *Regional-scale groundwater geoscience in Southern Ontario: Ontario Geological Survey, Ontario (Canada), Geological Survey of Canada and Conservation Ontario Open House*. <https://doi.org/10.4095/299750>
- Sanchez, R. & Eckstein, G.** 2017: "Aquifers shared between Mexico and the United States: management perspectives and their transboundary nature". *Groundwater*, 55 (4), 495-505. <https://doi.org/10.1111/gwat.12533>
- Sanchez, R., Lopez, V. & Eckstein, G.** 2016: "Identifying and characterizing transboundary aquifers along the Mexico-US border: An initial assessment". *Journal of Hydrology*, 535, 101-119. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2016.01.070>
- Sanchez, R., Rodriguez, L. & Tortajada, C.** 2018: "The transboundary approach and prioritization of transboundary aquifers between Mexico and Texas". *AMBIO A Journal of the Human Environment*, 47 (7), 760-770. <https://doi.org/10.1007/s13280-018-1015-1>
- Smith, N.** 2010: *Uneven development: Nature, capital, and the production of space*. Athens (Georgia), University of Georgia Press.
- Swyngedouw, E.** 2009: "The political economy and political ecology of the hydro-social cycle". *Journal of Contemporary Water Research & Education*, 142 (1), 56-60. <https://doi.org/10.1111/j.1936-704X.2009.00054.x>
- Tóth, J.** 1999: "Groundwater as a geologic agent: an overview of the causes, processes, and manifestations". *Hydrogeology Journal*, 7 (1), 1-14. <https://doi.org/10.1007/s100400050176>
- United Nations General Assembly (UNGA). 1997: *Resolution 51/229. Convention on The Law of the Non-Navigational Uses of International Watercourses*. United Nations. https://treaties.un.org/doc/source/docs/a_res_51_229-eng.pdf Consulta realizada el 20 de enero de 2020.
- United Nations General Assembly (UNGA). 2009: *Resolution 63/124. The Law of Transboundary Aquifers*. United Nations. <https://digitallibrary.un.org/record/643188?ln=es> Consulta realizada el 20 de enero de 2020.
- United Nations General Assembly (UNGA). 2010: *Resolution 64/292. Water, Peace And Security: Transboundary Water Cooperation*. United Nations. <https://undocs.org/pdf?symbol=en/a/64/692> Consulta realizada el 20 de enero 2020
- United Nations Economic Commission for Europe (UNECE). 1992: *Convention on The Protection and Use of Transboundary Watercourses And International Lakes*. <https://unece.org/fileadmin/DAM/env/water/pdf/watercon.pdf> Consulta realizada el 20 de enero de 2020.
- United Nations Economic Commission for Europe (UNECE). 2014: *Model Provisions on Transboundary Groundwaters*. Geneva (Switzerland), United Nations Economic Commission for Europe. <https://unece.org/environment-policy/publications/model-provisions-transboundary-groundwaters> Consulta realizada el 20 de enero de 2020.
- United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO). 2015: *Estrategia Regional para la Evaluación y Gestión de los Sistemas Acuíferos Transfronterizos en las Américas*. Montevideo (Uruguay), UNESCO. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000235394> Consulta realizada el 20 de enero de 2020.
- WWAP (World Water Assessment Programme). 2017: *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2017. Aguas residuales: El recurso desaprovechado*. París, UNESCO.

El derecho humano al agua en la Franja de Gaza (Palestina), desde una perspectiva de género y en el marco de los Objetivos de Desarrollo Sostenible

The human right to water in the Gaza Strip from a gender perspective, in the framework of the Sustainable Development Goals

Karen Giovanna Añaños Bedriñana

Universidad de Granada

Granada, España

karengananos@ugr.es

 ORCID: 0000-0002-7646-750X

Miguel Ruiz Carnero

Universidad de Granada

Granada, España

mr.carnero7@gmail.com

 ORCID: 0000-0003-3913-7357

José Antonio Rodríguez Martín

Universidad de Granada

Granada, España

josearm@ugr.es

 ORCID: 0000-0002-4015-1618

Información del artículo

Recibido: 03 julio 2021

Revisado: 13 octubre 2021

Aceptado: 21 diciembre 2021

ISSN 2340-8472

ISSNe 2340-7743

DOI 10.17561/AT.21.6503

RESUMEN

La Franja de Gaza es una de las zonas más pobres del mundo en agua, a causa fundamentalmente de la contaminación y la sobreexplotación de los acuíferos. Adicionalmente, la región arrastra una crisis humanitaria como consecuencia de las numerosas escaladas bélicas, la falta de seguridad alimentaria o la carencia de agua y saneamiento. Una primera conclusión es que el reparto del agua, su acceso y gestión constituyen un elemento central para avanzar hacia la estabilidad económica, social y política en la región. Gaza se encuentra en una insostenible situación de escasez hídrica permanente, afectando especialmente a las más vulnerables: las mujeres. Una segunda conclusión es que, para mejorar la situación actual del derecho al agua, se debe enlazar con los derechos de las mujeres, así como con el reforzamiento de su papel en las negociaciones y la gestión en aspectos básicos para la transformación económica y social en la Franja.

PALABRAS CLAVE: Derecho al Agua, Derechos humanos, Mujeres, Objetivos de Desarrollo Sostenible, Oriente Próximo.

ABSTRACT

The Gaza Strip is one of the world's poorest areas in terms of water, mainly due to pollution and overexploitation of aquifers. In addition, the region has a humanitarian crisis as a result of the numerous escalations of war, the lack of food security and the lack of water and sanitation. A first conclusion is that water sharing, access and management are central to progress towards economic, social and political stability in the region. Gaza is in an unsustainable situation of permanent water scarcity, especially affecting the most vulnerable: women. A second conclusion is that, in order to improve the current situation of the right to water, it must be linked to women's rights, as well as to the strengthening of their role in negotiations and management in basic aspects for economic and social transformation in the Strip.

KEYWORDS: Human Rights, Middle East, Right to Water, Sustainable Development Goals, Women.

 CC-BY

© Universidad de Jaén (España).
Seminario Permanente Agua, Territorio y Medio Ambiente (CSIC)

Le droit humain à l'eau dans la bande de Gaza, Palestine, dans une perspective de genre, dans le cadre des Objectifs de Développement Durable

RÉSUMÉ

La bande de Gaza est l'une des régions les plus pauvres du monde en eau, principalement en raison de la pollution et de la surexploitation des aquifères. En outre, la région connaît une crise humanitaire en raison des nombreuses escalades de la guerre, de l'absence de sécurité alimentaire et du manque d'eau et d'assainissement. Une première conclusion est que le partage, l'accès et la gestion de l'eau sont essentiels pour progresser vers la stabilité économique, sociale et politique de la région. Gaza se trouve dans une situation insoutenable de pénurie d'eau permanente, qui touche particulièrement les plus vulnérables: les femmes. Une deuxième conclusion est que, pour améliorer la situation actuelle du droit à l'eau, il faut le lier aux droits des femmes, ainsi qu'au renforcement de leur rôle dans les négociations et la gestion des aspects fondamentaux pour la transformation économique et sociale de la bande.

MOTS CLÉS: Droit à l'eau, Droits de l'homme, Femmes, Moyen-Orient, Objectifs de Développement Durable.

O direito humano à água na Faixa de Gaza, Palestina, a partir de uma perspectiva de gênero, no âmbito dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

RESUMO

A Faixa de Gaza é uma das áreas mais pobres do mundo em termos de água, principalmente devido à poluição e à superexploração dos aquíferos. Além disso, a região tem uma crise humanitária como resultado das numerosas escaladas da guerra, da falta de segurança alimentar e da falta de água e saneamento. Uma primeira conclusão é que o compartilhamento, o acesso e a gestão da água são fundamentais para o progresso em direção à estabilidade econômica, social e política na região. Gaza está em uma situação insustentável de escassez permanente de água, afetando especialmente os mais vulneráveis: as mulheres. Uma segunda conclusão é que, para melhorar a situação atual do direito à água, ele deve estar ligado aos direitos das mulheres, bem como ao fortalecimento de seu papel nas negociações e na gestão em aspectos básicos para a transformação econômica e social na Faixa.

PALAVRAS-CHAVE: Direito à Água, Direitos Humanos, Mulheres, Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, Oriente Médio.

Il diritto umano all'acqua nella Striscia di Gaza, Palestina, da una prospettiva di genere, nel quadro degli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile

SOMMARIO

La Striscia di Gaza è una delle zone più povere del mondo in termini di acqua, soprattutto a causa dell'inquinamento e del sovrasfruttamento delle falde acquifere. Inoltre, la regione ha una crisi umanitaria a causa delle numerose escalation di guerra, la mancanza di sicurezza alimentare e la mancanza di acqua e di servizi igienici. Una prima conclusione è che la condivisione, l'accesso e la gestione dell'acqua sono centrali per il progresso verso la stabilità economica, sociale e politica nella regione. Gaza si trova in una situazione insostenibile di scarsità d'acqua permanente, che colpisce soprattutto i più vulnerabili: le donne. Una seconda conclusione è che, per migliorare la situazione attuale del diritto all'acqua, esso deve essere legato ai diritti delle donne, così come al rafforzamento del loro ruolo nei negoziati e nella gestione degli aspetti fondamentali per la trasformazione economica e sociale della Striscia.

PAROLE CHIAVE: Diritti umani, Diritto all'acqua, Donne, Medio Oriente, Obiettivi di Sviluppo Sostenibile.

Introducción¹

El agua es el activo más valorado, insustituible y estratégico del planeta, pero también es una necesidad para la salud y el bienestar y una fuente de vida², así como un derecho humano fundamental reconocido en el ámbito del sistema de protección de los derechos humanos de Naciones Unidas³. Sin acceso al agua, es evidente que se vulnera el principio de la dignidad humana⁴. El 28 de julio de 2010, a través de la Resolución 64/292, la Asamblea General de las Naciones Unidas reconoció explícitamente el derecho humano al agua y al saneamiento⁵. Se reafirmó que son esenciales para el disfrute de una vida plena y la realización de todos los derechos humanos, por lo que esa fecha supuso un hito para su reconocimiento a nivel internacional⁶.

Históricamente, tras la Conferencia Internacional de las Naciones Unidas en materia de agua, en Mar del Plata, Argentina, se estableció el Decenio Internacional del Agua Potable y del Saneamiento Ambiental 1981-1990⁷, en 1980, que contribuyó a subrayar la importancia del abastecimiento de agua y el saneamiento como elementos básicos para la salud de todos⁸. En 2002, año también clave para el progreso hacia la visibilización de estos derechos en el marco del Derecho Internacional⁹, el Comité de Naciones Unidas de Derechos Económicos, Sociales y Culturales adoptó la Observación General nº15 sobre el derecho al agua¹⁰.

En concreto, el artículo I.1 establece que: “El derecho humano al agua es indispensable para una vida humana digna”¹¹. En diciembre de 2003, la Asamblea General de las Naciones Unidas estableció la Acción *El Agua, fuente*

de vida, que ha contribuido a que alrededor de 1,3 billones de personas en los países con economías menos avanzadas obtuvieran acceso al agua potable e impulsó el progreso en materia de saneamiento, con el objetivo de cumplir los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM)¹². Pese a todo, para 2030, 69 millones de niños y niñas menores de cinco años podrían morir por “causas prevenibles” como la falta de agua potable, saneamiento e higiene (por sus siglas en inglés, WASH), que se articula en torno al concepto del agua como bien común¹³.

La falta de acceso al derecho al agua y saneamiento vulnera otros derechos como la salud, el empleo o la educación¹⁴, que dividen a las personas en dos grupos: 1) de vidas saludables y productivas; 2) las que viven en la pobreza, que son, precisamente, las más vulnerables a las enfermedades mortales derivadas de la escasez¹⁵ o la mala calidad del agua y/o de saneamientos, como las mujeres¹⁶, pese a que suelen encargarse en los países menos desarrollados de la obtención, transporte, manejo y distribución del agua. El tiempo que demanda la tarea de la recogida de agua puede distanciar a las niñas de la escuela y reducir tanto sus opciones futuras para acceder a un trabajo cualificado o a la propia educación, por lo que no acceder al agua es una desigualdad de género¹⁷. Además, durante el parto, contar con agua y con saneamiento supone, en múltiples ocasiones, un asunto de vida o muerte tanto para la madre como para el bebé¹⁸.

La importancia de la implicación de las mujeres en la gestión de los recursos hídricos ya se contempló en la Declaración de Dublín sobre el Agua y el Medio Ambiente de 1992¹⁹, en la que se reconoció expresamente, en su Principio nº 3, “que desempeña un papel fundamental en el abastecimiento, la gestión y la protección del agua”²⁰. De hecho, se ha demostrado que los acuerdos de paz, con negociaciones sobre el agua, tienen más probabilidades de alcanzarse y ser sostenibles cuando se incluye a las mujeres²¹. La Conferencia sobre las mujeres, el agua y la paz, celebrada en Estambul en 2016, destacó el valor añadido de las diplomáticas en estos asuntos y no sola-

1. Esta investigación ha sido parcialmente financiada por el Ministerio de Economía, Industria y Competitividad, la Agencia Estatal de Investigación y los Fondos Europeos de Desarrollo Regional (Proyecto ECO2017-86822-R), y por la Junta de Andalucía, a través de la Convocatoria de Proyectos I+D+I del Programa Operativo FEDER Andalucía 2014-2020 (Proyecto B-SEJ-018-UGR18 y P18-RT-576), y la Universidad de Granada, Plan Propio, Unidad Científica de Excelencia: Desigualdad, Derechos Humanos y Sostenibilidad (DEHUSO).

2. Organización de Naciones Unidas (en adelante, ONU), 2003.

3. Leb, 2012.

4. Ribeiro, 2018.

5. ONU, 2021.

6. Bautista, 2013.

7. Tortajada, 2007.

8. Organización Mundial de la Salud (en adelante, OMS) y Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (en adelante, UNICEF), 2017.

9. Soares, 2019.

10. ONU, 2002.

11. La Resolución 55/196 de la Asamblea General de las Naciones Unidas de 2000 proclamó 2003 como Año Internacional del Agua Dulce y, en 2001, se celebró la Conferencia Internacional sobre el Agua Dulce en la ciudad alemana de Bonn, en la que se expresó la preocupación de la comunidad internacional por la situación del recurso agua en el mundo.

12. ONU, 2000.

13. Lara y Del Moral, 2020.

14. ONU, 2011.

15. World Water Development Report (en adelante, WWDR), 2016.

16. Ki-moon, 2007.

17. Langdorf y Khalfan, 2006.

18. UNICEF, 2016.

19. Minaverry y Martínez, 2015.

20. La Conferencia de Dublín precedió, ese mismo año, entre otras resoluciones y declaraciones, a la Conferencia de las Naciones Unidas sobre temas de Medio Ambiente y Desarrollo de Río de Janeiro en un esfuerzo común y global por reconciliar el impacto de las actividades socio-económicas humanas en el medio ambiente y viceversa.

21. Maoz, 2009.

mente como un grupo vulnerable de usuarios de agua. En cualquier caso, en territorios en los que el derecho al agua está en peligro, su accesibilidad constituye uno de los aspectos que más favorecería la liberación de las mujeres y niñas de una de las mayores cargas para su desarrollo humano: el transporte de agua a sus hogares²².

Tras esta introducción, se esboza la metodología y los principales objetivos del presente trabajo y se aborda a continuación la situación del derecho humano al agua y al saneamiento en la Franja de Gaza, subrayando la necesaria participación de las mujeres en la gobernanza del agua dentro de un contexto hidropolítico. Para este propósito, se adopta un enfoque desde la igualdad de género, sobre la base del avance de la Franja en particular, y de Palestina en general, hacia el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), recogiendo los datos obtenidos de diferentes organizaciones e instituciones internacionales. Seguidamente, se expone la grave problemática de la educación y la violencia de género y sus principales implicaciones negativas en Gaza en el marco de la Agenda 2030 de Naciones Unidas, antes de presentar las aportaciones obtenidas y las principales conclusiones que se desprenden.

Metodología y objetivos

Las mujeres están en una posición privilegiada para liderar esfuerzos de cooperación y diplomacia del agua y sortear conflictos²³, respecto a la disponibilidad, la asignación o el uso del agua entre los países, junto a un rol potencial como vehículo hacia lograr la paz²⁴, especialmente en zonas tan dependientes de la hidropolítica como la Franja de Gaza, lo que constituye el objeto de estudio de este trabajo. El presente artículo persigue el objetivo de examinar la situación actual de los derechos humanos al agua y saneamiento en Gaza, desde una perspectiva de género, en el panorama general de los progresos hacia el cumplimiento de los ODS.

La Agenda 2030 constituye un gran reto para la comunidad internacional, incluyendo sus 17 ODS, con el objeto de conseguir extender el respeto a los derechos humanos a todos los lugares del mundo, y para la disponibilidad de agua y saneamiento seguros y una mejor

gestión del agua²⁵, a la vez que incorpora directrices para afrontar la desigualdad y la discriminación²⁶. Cabe destacar el ODS 6²⁷, relativo a que: en el horizonte temporal de 2030, se deberá lograr el acceso universal y equitativo al agua potable, a un precio asequible para todos.

La efectiva realización del derecho al agua no es únicamente un problema jurídico, sino también político, económico y social, de manera que la satisfacción de los derechos humanos, dentro de los cuales se inscribe el derecho al agua, deriva del Derecho Internacional general, por tal motivo los países deben conocer su efectiva consagración²⁸. Esto implica un importante desafío para garantizar el acceso a una gobernanza del agua efectiva, a través del desarrollo de marcos legales y políticos bien diseñados y factibles para viabilizar el ejercicio de este derecho vinculado a los derechos de la mujer²⁹, contemplando la dimensión de género³⁰.

Este enfoque se aplica al análisis de los derechos humanos al agua y al saneamiento en el presente estudio en la Franja de Gaza. En este territorio, en particular, la hidropolítica³¹, el papel activo de la mujer como líderes en la consecución de los ODS y la prevención de conflictos adquieren una especial relevancia³². Con este fin, se coteja un gran número de datos proporcionados por la información estadística de Naciones Unidas, la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo (UNCTAD) y la Oficina Central de Estadística Palestina (por sus siglas en inglés, PCBS), aunque hay que resaltar la dificultad para encontrar registros actualizados para las variables asociadas a los ODS en Palestina, de manera que se ha tomado como opción el año más próximo, principalmente 2017.

El derecho humano al agua y al saneamiento en Palestina y su lugar más crítico: la Franja de Gaza

La Franja de Gaza ocupa un territorio estrecho de la llanura costera del Mediterráneo situada en el Oriente Próximo (Figura 1).

²² Sánchez, 2008.

²³ En esta línea, en noviembre de 2018, el Consejo de la Unión Europea reconoció los impactos directos de la escasez de agua en la paz y la seguridad nacional de la Unión Europea (UE), especialmente a través de los flujos migratorios.

²⁴ Zeitoun et al., 2017.

²⁵ United Nations (en adelante, UN), 2019.

²⁶ Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (en adelante, UNESCO), 2016.

²⁷ Justo, 2013.

²⁸ Espinoza, 2020.

²⁹ WaterLex, 2017.

³⁰ Heller, 2012. Albuquerque, 2014.

³¹ Definida, de acuerdo con Minaver y Martínez (2015), como la capacidad asociada a las instituciones con carácter geopolítico para manejar y gestionar los recursos hídricos, evitando conflictos relacionados a su acceso.

³² Carmi, Alsayegh y Zoubi, 2019.

Figura 1. Ubicación de la Franja de Gaza



Fuente: Abuelaish & Camacho, 2018, 75³³.

En conjunto, posee una superficie de 365 km² entre los 6.165 km² del total de Palestina, donde habitan, según estimaciones, casi dos millones de personas³⁴, destacando su concentración en el distrito de la Gobernación de Gaza. La población de Palestina se caracteriza por ser vulnerable o no vulnerable, y en cada una de estas categorías, hay refugiados y no refugiados³⁵. El 29 de noviembre de 2012 la Asamblea general de Naciones Unidas, con el apoyo de España, concedió a Palestina la condición de Estado observador no miembro en las Naciones Unidas. Las cuestiones pertinentes del programa de la Asamblea y sus órganos subsidiarios incluyen, entre otros, los derechos humanos y la soberanía de los palestinos sobre los recursos naturales.

La división administrativa de Palestina está estructurada en 16 gobiernos regionales (gobernados), 11 en Cisjordania y 5 en Gaza. Esta última está catalogada como una de las zonas más densamente pobladas del mundo, con 4.118 personas por km², en la Gobernación casi siete mil personas por km² frente a las 823 personas por km² en el total de Palestina, en 2020³⁶. Se proyecta para el año 2023 una población de casi dos millones y medio de personas, únicamente en Gaza³⁷. Además, otro problema que arrastra es la dispersión urbana. El número de unidades de vivienda ha aumentado considerablemente en los últimos quinquenios, provocando

una creciente contaminación de la tierra y el agua, por ejemplo, por la concentración cada vez mayor de cloruro en el agua en las zonas urbanas³⁸.

Palestina se situó en la posición 115 de 189 países sobre la base del Índice de Desarrollo Humano (IDH) en 2019, con unos ingresos considerados medianos-bajos. A título comparativo respecto a los países limítrofes, Israel ocupó el puesto 19, Jordania el 102 y Egipto el 116. Este resultado está determinado, entre otros factores, por el hecho de que la esperanza de vida en Palestina es de 73,9 años, su tasa de mortalidad se situó en el 3,46 ‰ y su renta per cápita escaló a 3.075 euros en ese año³⁹.

Las perspectivas económicas y el avance en el valor del IDH no son optimistas, debido no solo a unos horizontes políticos negativos, con inestabilidad, el bloqueo de Israel desde 2007 y la sucesión en el tiempo de conflictos bélicos, sino también a las tendencias desfavorables que se atisban en los tres principales elementos que han cimentado el crecimiento económico de Palestina en la última década: la ayuda de los donantes, la reconstrucción de Gaza y el auge del crédito al consumo público y privado⁴⁰.

La llegada de la Covid-19 se produjo en marzo de 2020 y, tan pronto como se revelaron los primeros casos positivos, las autoridades sanitarias palestinas diseñaron un plan de respuesta (COVID-19 response Plan, 26 de marzo), adoptando restricciones de movimientos y confinamientos de personas en la Franja de Gaza⁴¹.

Paralelamente, la Unión Europea, principal donante de la Autoridad Palestina, y otros países comprometieron más ayuda humanitaria para afrontar la crisis sanitaria, en un contexto económico y social en el que Palestina, al margen de la actual pandemia, depende en gran parte de su sector público y, a su vez, de la recepción continua de ayuda externa para sobrevivir⁴².

Con la irrupción de la Covid-19, cuyo impacto está aún por determinar en toda su magnitud, se registró un parón abrupto de su economía. Se anotó un notable aumento del desempleo y la pobreza, especialmente entre los segmentos más vulnerables como las mujeres y los y las menores de edad, que representan más de la tercera parte de la población en Gaza, y una caída de los ingresos aduaneros, que suponen uno de los principales re-

33. Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-No Comercial 3.0 Unported. La imagen no se ha modificado.

34. Montes, 2016.

35. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (en adelante, FAO), 2011.

36. Palestinian Central Bureau of Statistics (en adelante, PCBS), 2020.

37. PCBS, 2015.

38. Abuelaish, 2017.

39. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (en adelante, PNUD), 2019.

40. Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo (en adelante, UNCTAD), 2017.

41. State of Palestine, 2020.

42. Barreñada, 2020.

cursos que recibe la Autoridad Palestina⁴³. Su actividad económica se rige por el Protocolo Económico de París, de abril de 1994, entre Israel y Palestina, que mantienen una peculiar unión aduanera, dentro de los Acuerdos de Oslo de 1993⁴⁴.

La falta de autonomía fronteriza comercial de la Autoridad Palestina para la importación de bienes y servicios no permite garantizar los pilares de la seguridad alimentaria, careciendo de los inputs precisos en muchas ocasiones para el cultivo de los alimentos en zonas tan pobladas como la Franja de Gaza. Por ejemplo, se están dejando de plantar por falta de agua dulce una de las cosechas más comunes como las bananas, de manera que, entre otras consecuencias nocivas para su población, la malnutrición infantil ha crecido de forma significativa en los últimos años en el conjunto de Palestina⁴⁵.

En este panorama descrito tan adverso, cabe destacar también que más del 90 % del agua no es potable en Palestina, debido a la contaminación y la sobreexplotación de los acuíferos, además de la existencia de unas deficientes infraestructuras en saneamientos⁴⁶. La falta de planificación en la infraestructura, que permita el acceso de agua potable a los hogares de los asentamientos palestinos, es la razón del subdesarrollo de alcantarillado y saneamiento que se presenta en zonas tan pobladas, e incluso hacinadas, como la de Gaza⁴⁷.

En agosto de 2009, Asuntos Humanitarios de la ONU en los territorios palestinos, junto con la Asociación de Agencias de Desarrollo Internacional (AIDA), anunció que el 60 % de la población no tiene acceso permanente al agua y que miles de personas no disponen de red de agua potable. Es necesario el permiso de Israel para la entrada del equipo y suministros precisos para la construcción, el mantenimiento y la operación de instalaciones de agua y saneamiento, prácticamente paralizados desde el bloqueo de 2007⁴⁸.

Todos estos elementos, junto a los continuados conflictos con Israel⁴⁹, han acentuado el deterioro de las condiciones de vida de la población y la aparición de enfermedades como la diarrea, el cólera y la poliomielitis, agravadas por la falta de higiene por el acceso limitado

a agua, de manera que, incluso, Palestina fue catalogada en los últimos años por Naciones Unidas como uno de los territorios de mayor emergencia humanitaria y pobreza del mundo⁵⁰.

Si se toma en consideración el consumo de agua para el riego por cuenca hidrográfica en Gaza, se trata, en términos comparativos, de una de las zonas a escala internacional en la que este recurso es más escaso⁵¹. En estos espacios se plantea el doble problema de la conservación de las aguas y de la lucha contra los efectos de la sequía, que se produce en la zona durante buena parte del año, con una precipitación media anual de unos 300 mm⁵². Sin embargo, no solo hay un problema de disponibilidad de recursos hídricos en la región, sino, asimismo, de una inequitativa distribución de los mismos⁵³.

Este hecho se debe especialmente a la explotación del acuífero costero, un recurso hídrico compartido entre Israel, Egipto y Gaza, cuyo 10 % pertenece a la Franja⁵⁴, convertido en, prácticamente, su única fuente de agua tras los Acuerdos de Oslo⁵⁵. Su contaminación, con productos residuales, con carencia de tecnologías de reutilización y reciclaje, productos químicos y agua del mar, entre otros, se estima entre el 90 y 95 % sobre el total de la fuente hídrica en el área palestina⁵⁶.

El agua subterránea, propensa a recibir y a transmitir la contaminación causada por actividades humanas, se emplea normalmente como agua potable para usos agrícolas y procesos industriales, y su sobreexplotación ha originado el deterioro progresivo de su calidad en Gaza. A ello han de sumarse varios factores: su cercanía al mar, el uso de pesticidas y la carencia de drenaje, alcanzando un nivel de concentración de nitratos veinte veces superior a los límites aceptados internacionalmente para el consumo humano, lo que sitúa a los habitantes de la Franja en uno de los primeros puestos mundiales en enfermedades de riñón⁵⁷. Al mismo tiempo, la salinidad del agua aumentará en todas las zonas

43. Ministerio de Asuntos Exteriores, Unión Europea y Cooperación de España, 2020.

44. UNCTAD, 2017.

45. UNESCO, 2019.

46. Molina, 2018.

47. Vázquez y Ramírez, 2018.

48. Fibla y Skaik, 2010.

49. Agencia de Naciones Unidas para los Refugiados de Palestina en Oriente Próximo (UNRWA), 2014.

50. ONU, 2017.

51. FAO, 2011.

52. FAO, 2011.

53. Ayeb, 2001.

54. Amnistía Internacional, 2009.

55. Al respecto, se instauró un Comité Conjunto del Agua (*Joint Water Committee*, JWC), en el contexto histórico de una pugna que dura más de un siglo (Segura y Monterde, 2018), en este caso, para resolver las diferencias de enfoque que pudieran surgir en materia de un recurso clave como el agua. Así, su gestión ha sido discutida con frecuencia en las diversas rondas de negociaciones de paz llevadas a cabo desde la Conferencia de Madrid en 1991, una tentativa por parte de la comunidad internacional de empezar un proceso de paz entre Israel y la Organización para la Liberación de Palestina (OLP), Siria, Líbano y Jordania (Barreñada, 2007).

56. Vázquez y Ramírez, 2018.

57. UNESCO, 2019.

de Gaza para el año 2023 y posteriores, a la vez que se prevé un auge anual en la demanda de agua de 2.240.437 m³ por año, desde 2016 a 2023; en este contexto, la mayoría de sus habitantes opta por el agua desalinizada por empresas privadas o por las municipalidades, distribuida por camiones cisterna que la venden a 20 *shekel* (5,35 euros) / 100 litros⁵⁸.

A menos que se quiebren las tendencias imperantes, ni la parte del acuífero asignado a Gaza, ni las plantas de desalinización del territorio, que no están en las mejores condiciones, debido en parte a los daños causados en depósitos y en las propias desalinizadoras, tras los sucesivos conflictos con Israel, pero también por su obsolescencia y a un deficiente suministro eléctrico, bastarán para satisfacer las necesidades de toda su población. En consecuencia, en estas condiciones, y por la ausencia de fuentes de agua alternativas, se sobreexplotará el acuífero y se hará inviable, en última instancia, la vida en estos territorios en un futuro cada vez más próximo⁵⁹. Específicamente, se estima que el volumen de agua extraído del acuífero costero es cuatro veces superior a lo que permitiría su capacidad de recarga anual sostenible, de ahí que, para poder beber, la mayoría de las personas dependan del agua embotellada, que vende mayoritariamente Israel. Además, solo el 20 %, aproximadamente, de los pozos producen agua con concentraciones aceptables de sal y, en cuanto a otras fuentes hídricas, son de superficie y la principal es el río Jordán, pero Israel niega su acceso a los palestinos, así como a otros manantiales de agua dulce⁶⁰.

Para obtener acceso al agua, algunos municipios han comenzado un proceso de distribución a través de camiones cisterna, que son comprados por los palestinos, mermando sus ya bajos ingresos. Se trata de un entorno, en lo que respecta a la falta de agua y de saneamientos, que es prácticamente inhabitable en la actualidad para los gazatíes, que se encuentran en una peligrosa situación de escasez hídrica permanente.

La gobernanza del agua y la participación de las mujeres en la Franja de Gaza

La ONU reconoce el papel clave de la diplomacia preventiva moderna para mantener la paz entre países y evitar conflictos potenciales por el acceso a recursos

naturales como el agua, alentando la cooperación y los acuerdos entre las partes⁶¹. En particular, en 2017, el Consejo de Seguridad de la ONU enfatizó el papel de la diplomacia del agua y la cooperación en la prevención de los conflictos, como el de la Franja de Gaza.

La diplomacia preventiva del agua incorpora el conjunto de acciones que se pueden implementar para prevenir o resolver pacíficamente conflictos entre países, participando tanto agentes públicos como privados, fomentando los acuerdos cooperativos en cuanto a la disponibilidad, asignación o uso de un recurso cada vez más escaso como el agua⁶².

Resolver las disputas y alcanzar acuerdos sobre el tema del agua, se ha convertido en un aspecto cada vez más necesario y prioritario para la gobernanza internacional, ya que han ocurrido y están sucediendo conflictos muy graves como el de la Franja de Gaza y el conjunto de Palestina. Los beneficios que se derivan de la cooperación y colaboración incluso en materia de gestión de los recursos hídricos y con la mejora de los saneamientos⁶³, y su papel como puente para la paz, está ampliamente documentado e investigado⁶⁴. Las mujeres tienen un enorme potencial para la mediación en términos de recursos hídricos en zonas de conflictos, especialmente entre territorios en los que gobierna en gran parte la hidropolítica⁶⁵.

Las mujeres deberían participar más en la toma de decisiones sobre desencuentros vinculados con el agua, pero no por cuotas o exclusivamente para reclamar la igualdad de género, sino porque contribuyen al éxito en las negociaciones en los acuerdos de paz⁶⁶. Pero, asimismo, puesto que con su participación se obtiene una mayor probabilidad de conseguir que los acuerdos sean sostenibles en el tiempo⁶⁷. Es decir, empoderamiento en cuestiones como la diplomacia del agua para construir sociedades más estables, que conduzca a un periodo de estabilidad política y a un verdadero desarrollo económico y social sostenible en zonas como Gaza, teniendo en cuenta que mayoritariamente el trabajo re-

61. ONU, 2011.

62. García-Rubio, López-Ruiz y González-Gómez, 2019.

63. Hace dos décadas, el 31 de octubre 2000, el Consejo de Seguridad de la Organización de Naciones Unidas ya adoptó una resolución sobre mujeres, paz y seguridad, reconociendo el papel fundamental que las mujeres pueden aportar en la consolidación de la paz, la gestión de conflictos y el mantenimiento de la seguridad con el agua como posible medio de negociación.

64. Zeitoun et al., 2017.

65. ONU Mujeres, 2019.

66. Maoz, 2009.

67. Feron, 2015.

58. UN, 2020.

59. ONU, 2012.

60. Amnistía Internacional, 2009.

lacionado con el agua, a nivel más básico, es realizado, precisamente, por mujeres⁶⁸.

Desafortunadamente, las estadísticas más recientes respecto a la participación de las mujeres en la implementación de la agenda de paz y en las negociaciones relacionadas con los recursos hídricos, son bastante desalentadoras en Palestina, incluso reconociendo que la brecha se está acortando lentamente⁶⁹. En particular, de los 16 gobernados de Cisjordania y Gaza, solamente, el de Ramala y El Bireh tenían una mujer gobernadora en 2019, mientras que, por su parte, en ese año, la Autoridad Palestina únicamente contaba con tres ministras de los 22 miembros del Gobierno. Sin embargo, es imperativo que las mujeres se incorporen en las secuencias de toma de las decisiones relacionadas con el agua en todos los niveles, sobre todo en territorios que presentan un problema estructural con su acceso y su gestión y que supone una fuente constante de conflictos.

La escasez de agua tiene una repercusión incluso más negativa en las mujeres, porque son ellas, y en muchas ocasiones, las madres, quienes luchan y se encargan de conseguir el agua para sus familias en Gaza, invirtiendo buena parte de su tiempo⁷⁰ y, paralelamente, su acceso está más restringido a otros aspectos básicos para una vida digna como la salud, la educación, etc.⁷¹. En general, la mayoría de las mujeres tiene un papel de subordinación, por los parámetros patriarcales que gobiernan esa sociedad, con desigualdades de género y múltiples limitaciones⁷², lo que condiciona su capacidad para participar en la diplomacia del agua. Para ello, se requiere el uso de una combinación de campos de formación, capacitación y especialización dominados sistemáticamente por los hombres, a pesar de la importancia que Naciones Unidas otorga a garantizar este derecho humano en el conjunto de Palestina⁷³.

El progreso hacia los ODS en la Franja: un enfoque desde la igualdad de género

La senda para cimentar el progreso hacia los ODS para los habitantes de la Franja de Gaza exige un enfoque multidimensional, que incluye, entre otros, los siguien-

tes pilares: la desaparición progresiva de la pobreza, el respeto por los derechos humanos, el acceso a servicios de salud y educación de calidad, agua limpia y saneamiento adecuado, pero también la igualdad de género, que ocupa un lugar central en la Agenda 2030⁷⁴.

Sin embargo, la difícil situación de la mujer en Palestina deriva en múltiples desventajas para su sociedad, como que su tasa en la población activa se situó únicamente en el 19 % en 2017, muy por debajo del 72 % correspondiente a los hombres. Igualmente, la participación de las mujeres se concentra en el sector informal y en un espectro reducido de ámbitos de la economía formal⁷⁵. Se mantienen unas leyes de sucesión totalmente discriminatorias y las mujeres reciben unos salarios mayoritariamente más bajos que los hombres, en lo que se incluye el trabajo no remunerado en las explotaciones agrícolas familiares⁷⁶, y muy abocadas, generalmente, a las tareas domésticas.

En cuanto a la participación política, un aspecto básico para la incorporación de las mujeres en las negociaciones sobre el conflicto persistente sobre el agua en Gaza, ocupaban tres de los 22 puestos ministeriales en el gabinete actual y solo una de los 16 gobernadores era mujer en 2017, en Palestina. Por su parte, en 2013, las mujeres representaban el 41 % de los funcionarios públicos de la Administración de la Autoridad Palestina, pero únicamente el 4 % desempeñaba puestos de subsecretario o subsecretario adjunto en ese año. Además, en el ámbito también del ODS 5, Igualdad de Género, el índice de analfabetismo era tres veces y medio más alto entre las mujeres que entre los hombres, 6,4 % y 1,8 %, respectivamente, en 2012⁷⁷.

En el terreno del ODS 2: Poner fin al hambre, un objetivo muy dependiente del acceso sostenible al agua potable y esencial para mejorar la salud infantil y maternal⁷⁸, en Palestina, en 2017, se mantenían notables dificultades para lograr la seguridad alimentaria, mejorar la nutrición y promover una agricultura sostenible⁷⁹. Esta situación se explica, entre otros factores, por la falta de acceso al agua, especialmente en la muy densamente poblada Franja de Gaza, afectando sustancialmente la pobreza hídrica a los segmentos más vulnerables como las mujeres y las niñas. La prevalencia

68. WWDR, 2016.

69. PCBS, 2020.

70. Currea-Lugo, 2005.

71. Varela, 2018.

72. Arjonilla, 2001.

73. UN, 2019.

74. PNUD, 2019.

75. UNCTAD, 2017.

76. Asimismo, hay que subrayar el paulatino descenso del peso específico de la agricultura y de la industria en la economía de la Franja en las últimas décadas (World Bank, 2016).

77. PCBS, 2015.

78. Rodríguez & Añaños, 2021.

79. ONU, 2018.

de la inseguridad alimentaria entre los hogares encabezados por mujeres en Palestina es 15 puntos porcentuales más alta que entre los de los hombres (36 % frente al 21 %)⁸⁰, siendo mayor el riesgo que tienen las mujeres de padecer malnutrición, debido a su función reproductora⁸¹.

Conjuntamente, se detectó agotamiento de hierro en el 28 % de las mujeres de la Franja de Gaza y cabe señalar que en torno al 80 % de su población depende actualmente de la asistencia humanitaria en forma de alimentos. Los ingresos medios mensuales de los hogares en situación de inseguridad alimentaria encabezados por mujeres se sitúan en 1.666 nuevos *sheqalim* (equivalentes a 463 dólares), muy por debajo del umbral de la pobreza extrema, establecido en 1.888 nuevos *sheqalim* o 509 dólares, por mes y familia, en 2017⁸². Hay que subrayar que, en Gaza, en 2016, la tasa de desempleo femenino ascendió a casi un 45 %, más del doble que el masculino⁸³.

Atendiendo a los progresos hacia el logro del ODS 4: Garantizar una educación inclusiva, equitativa y de calidad, aunque se ha avanzado significativamente, de hecho, en 2012, en la educación básica y secundaria se logró prácticamente la igualdad de género, aún numerosas niñas de la Franja de Gaza no pueden ejercitar su derecho a una educación de calidad y en un contexto de aprendizaje seguro⁸⁴.

Por último, en el espacio del ODS 6: Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento, como se ha analizado anteriormente, los habitantes de la Franja de Gaza disponen de un suministro de agua y condiciones de saneamiento totalmente impropios. En estos momentos, más del 30 % de los hogares tienen acceso a agua corriente durante seis a ocho horas, una vez cada cuatro días, agravado con continuos cortes de electricidad, mientras que el 26 % de las enfermedades están vinculadas con la mala calidad del agua usada en la agricultura de subsistencia. Las aguas residuales conforman otro grave problema y, aunque en torno al 80 % de los hogares están conectados a redes públicas de aguas residuales, las plantas de tratamiento están sobrepasadas, de manera que cada día se vierten al mar Mediterráneo más de 100 millones de litros de residuos sin tratar⁸⁵.

Para intentar mitigar esta situación, UNICEF ha aumentado las horas de funcionamiento de la planta desaladora de agua de mar del sur de Gaza, mediante el funcionamiento de generadores de reserva para permitir la producción de 1.500 metros cúbicos de agua por día para 70.000 personas⁸⁶. En cualquier caso, este escenario se traduce en que no se cumpla en la Franja de Gaza lo dispuesto en la Declaración de los Derechos humanos de las Naciones Unidas y se encuentre muy por debajo de los estándares mínimos recomendados por la Organización Mundial de la Salud (OMS) para una vida digna, que incluye el acceso al agua para beber, lavar, cocinar y bañarse⁸⁷.

La educación y la violencia de género en Gaza

Las niñas se ven afectadas de manera desmedida en Gaza en el ámbito de la educación inclusiva, equitativa y de calidad, sobre todo en lo que respecta a la asistencia a la escuela. Se trata de un factor estratégico para promover el bienestar económico y social de la mujer en cualquier territorio⁸⁸, dotando a las mujeres de las competencias y los conocimientos para edificar sus propias vidas con dignidad⁸⁹. Sin embargo, las más jóvenes tienen más probabilidades de dejar de asistir a causa del acoso, la violencia y la intimidación al desplazarse a la escuela, comportamientos que no en pocas ocasiones responde a motivos de género⁹⁰.

La Encuesta de violencia en la sociedad palestina para el año 2019⁹¹ aporta múltiples datos muy negativos en lo concerniente a esta cuestión. Específicamente, el 32 % de las niñas de 12 a 17 años experimentaron violencia en la calle; el 34 % sufrieron algún tipo de violencia en la escuela; el 26 % padecieron violencia física por parte de un maestro o maestra; y el 18 % soportaron algún tipo de violencia psicológica en la escuela, por parte de un maestro o maestra.

Asimismo, hay que destacar el relativamente reducido porcentaje de mujeres que han sufrido algún tipo de violencia y han buscado ayuda en Palestina. En particular, el 61 % prefirieron guardar silencio ante la violencia por parte de sus compañeros sentimentales.

⁸⁰. FAO, 2011.

⁸¹. PNUD, 2019.

⁸². PNUD, 2019.

⁸³. World Bank Group, 2017.

⁸⁴. UNICEF, 2016.

⁸⁵. ONU, 2018.

⁸⁶. UNICEF, 2021.

⁸⁷. OMS y UNICEF, 2017.

⁸⁸. Añaños, Rodríguez y Añaños-Bedriñana, 2021.

⁸⁹. UN, 2019.

⁹⁰. ONU, 2017.

⁹¹. Realizada por PBCS, 2020.

les, mientras que un 20 % continuaron en sus hogares y hablaron con sus familias sobre el abuso y solo un 3 % decidieron presentar una demanda. Singularmente, hay que subrayar que únicamente el 1 % recurrieron a una comisaría de policía para presentar una denuncia o para obtener ayuda y protección.

La violencia de género y las disparidades en la formación, que afecta de forma desproporcionada a las niñas en Gaza, es una tragedia que debe ser combatida desde muchos ámbitos, aunque de manera preferente a través de la educación⁹². La educación constituye un vehículo privilegiado para que una mujer desarrolle sus aspiraciones y capacidades, logre acceder a un puesto de trabajo de calidad y obtener ingresos, tenga una participación política, alcanzando una mayor autonomía, pero también pueda huir de situaciones de pobreza, analfabetismo o malnutrición⁹³.

Además, la educación a lo largo de la vida de una mujer favorece sustancialmente la probabilidad de no recibir ningún tipo de violencia, a que gestione sus recursos y sus bienes⁹⁴, y, en territorios como Gaza, pueda ejercer un liderazgo y ser innovadora, con opción a tomar decisiones en un aspecto trascendental para impulsar el desarrollo sostenible de esta zona como garantizar la sostenibilidad del uso del agua, desarrollar la resiliencia climática y fortalecer la gestión integrada de los recursos hídricos⁹⁵.

Discusión y resultados

El reconocimiento al derecho humano al acceso al agua potable y el saneamiento es de relativa reciente configuración jurídica en el sistema internacional de los derechos humanos⁹⁶. En 2002, la ONU sancionó que el derecho humano al agua es indispensable para una vida digna, lo que supuso un notable avance para su consideración en el Derecho Internacional, dado que los servicios de agua y saneamiento deben ser accesibles a todas las personas por criterios de equidad social, intra e intergeneracional⁹⁷.

Reconocer formalmente un derecho humano al agua y formular la voluntad de dotar de contenido y hacer efectivo dicho derecho en territorios como la Franja de Gaza, puede conformarse como una vía para que se intensifiquen los esfuerzos de la comunidad internacional, con el objeto de satisfacer las necesidades humanas básicas, la paz y la consecución de los ODS. Involucrar a las mujeres puede hacer que los proyectos relacionados con el agua sean, en muchas ocasiones, bastante más eficaces⁹⁸, sin embargo, la brecha de género sigue existiendo, entre otros múltiples ámbitos, en la diplomacia sobre el agua en Gaza.

Los hombres toman, generalmente, las decisiones sobre la gestión y el desarrollo de los recursos hídricos⁹⁹. Es decir, en la mayoría de los hogares de los territorios que padecen escasez de agua, como en Palestina, las mujeres y las niñas son normalmente las encargadas de su recogida¹⁰⁰, restándole oportunidades de permanecer un mayor tiempo en el sistema educativo y de encontrar un buen empleo y obtener ingresos. Este hecho constituye una falta de equidad de género, que se acentúa en la Franja de Gaza, donde las mujeres no pueden desarrollar su potencial ni en beneficio propio, ni del conjunto de la sociedad. No obstante, hasta la actualidad, se han planteado relativamente pocas recomendaciones políticas aplicables en el campo de la capacitación y el papel de las mujeres que participan en la diplomacia del agua¹⁰¹.

En Gaza, sus habitantes se enfrentan día a día a la escasez del agua, con un suministro totalmente irregular y una elevada proporción no apta para el consumo humano o para la agricultura. Esta actividad económica absorbe la mayor parte del agua que se encuentra en la reserva subterránea, que se contamina por la que se filtra desde el mar Mediterráneo, por las aguas residuales, los productos agroquímicos y por otras sustancias nocivas. Así, el acuífero costero, su principal fuente de agua dulce disponible, resulta totalmente insuficiente para satisfacer las necesidades de su población; de hecho, más del 95 % del nivel freático no es apto para uso doméstico, debido a la salinización por intrusión marina¹⁰².

Como se ha comentado, actualmente, el acuífero costero es la única fuente de agua potable para la población de Gaza. Sin embargo, su capacidad es de 55-60 millones de m³ anuales, en tanto que la demanda total

⁹². World Bank Group, 2017.

⁹³. ONU, 2000.

⁹⁴. UNICEF, 2016.

⁹⁵. UNESCO, 2019.

⁹⁶. El derecho al agua potable y el saneamiento figura en la Convención sobre los Derechos del Niño, las Resoluciones de las Naciones Unidas y los Convenios de Ginebra.

⁹⁷. Helfrich, 2006.

⁹⁸. Narayan, 1995.

⁹⁹. PNUD, 2019.

¹⁰⁰. UN, 2019.

¹⁰¹. PNUD, 2009.

¹⁰². OMS, 2019.

anual de agua es de 180 millones de m³, y menos del 5 % del agua bombeada se ajusta a los estándares de calidad del agua potable fijados por la OMS. De ahí que es preciso un mayor número de plantas de desalinización modernas y eficientes en Gaza, aprovechando el agua de mar disponible, o potencialmente disponible, pese a la instalación o renovación de algunos equipos en los últimos años de desalinizadoras pequeñas, dado que más de la mitad de la población depende del agua desalinizada para beber y para la mayoría de los usos domésticos¹⁰³. A este respecto, cabe destacar la renovación de la planta de depuración de aguas residuales Sheikh Ajleen, que permite el suministro de agua de mayor calidad por tuberías para los hogares y las escuelas, junto a la instalación de bombas de agua y camiones cisterna. Concretamente, desde finales de 2012, gracias a aquella planta de depuración, las aguas residuales de 650.000 personas, aproximadamente, pueden ser reutilizadas en la Franja de Gaza.

En general, el uso y la cobertura del suelo están sujetos a una creciente presión por el incremento demográfico en Gaza, junto a la dispersión urbana, lo cual provoca la disminución y la degradación del agua y la tierra, aumentando la presión sobre los ecosistemas naturales. Las familias se ven abocadas a comprar agua potable para el consumo, por la que abonan una elevada proporción de su ya escaso presupuesto mensual, a la vez que se hace inviable para muchos agricultores comprar agua para sus sembradíos, porque incurrirían en inasumibles costes de producción de las frutas y las verduras. Llenar un tanque de 250 litros de agua potable cuesta 10 *shekels* (2,7 euros), un importe que una elevada proporción de la población no puede siempre sufragar. Además, la carencia de agua segura y de saneamiento adecuado, junto a la altísima densidad de población, elevan enormemente el riesgo de contagio de la Covid-19.

Aportaciones y conclusiones

Con la estrategia del cumplimiento de los ODS y la Agenda 2030, se abre una oportunidad única para priorizar las actuaciones, especialmente en las comunidades agrícolas y en los campos de refugiados de la Franja de Gaza, sin duda, el elemento territorial más dependiente de la hidropolítica y más decisivo sobre la situación crítica hídrica y humanitaria en el conjunto

de Palestina. En primer lugar, es preciso disponer de estadísticas y datos más actualizados para poder evaluar los progresos futuros de Palestina hacia las metas de los ODS de Naciones Unidas. En este orden de ideas, se impone, asimismo, el diseño, la adopción, la ejecución, la monitorización y la evaluación de nuevas políticas públicas, con la construcción de infraestructuras y grandes obras de reparación para solucionar el impacto de la escasez del agua y de saneamientos en Gaza, muy dependiente de los proyectos de futuras plantas desalinizadoras y del acuífero costero, que se encuentra en una vulnerable y extrema situación de sobreexplotación y contaminación.

Particularmente, se debe promover la restauración y la construcción de nuevas plantas de desalinización, como la proyectada en el sur de la Franja de Gaza, de 55 millones de m³ de agua, así como la restauración de las líneas eléctricas y el acceso a saneamiento adecuado, que permitan el consumo diario de agua potable para cerca de dos millones de palestinos en la Franja. El proceso se vería favorecido, en gran medida, por un creciente y mucho más activo papel de la mujer en la gestión y gobernanza del agua en los próximos años para solucionar no solo el conflicto del agua entre Gaza e Israel, sino también para mitigar la inestabilidad política en la región, propiciando una progresiva transformación económica y social del territorio. Pero, además, la mayor participación de la mujer en este ámbito coadyuvaría para que los daños en el medio ambiente y las fuentes de agua de la zona no fueran irreparables para las futuras generaciones, con una visión integradora, que incorpore el enfoque de justicia ambiental y de género, basado en los Derechos Humanos y los ODS.

Gaza se puede convertir en un territorio inhabitable para su numerosa y creciente población en las zonas urbanas en los próximos años, con una progresiva presión sobre la cantidad de agua disponible y la seguridad hídrica, ligado a una disminución de las reservas de lluvia y de aguas subterráneas. Esta situación puede generar mayores tensiones económicas y sociales, falta de salud pública y de seguridad alimentaria e inestabilidad política y conflictos, en el contexto de la regulación todavía del Proceso de Oslo. Así, cerca de un 80 % de la población depende de la ayuda internacional y casi un millón de personas esperan ayuda alimentaria diaria. Además, estas consideraciones no tuvieron en cuenta las consecuencias tan negativas para la actual crisis humanitaria de Gaza de la irrupción de la COVID-19, con miles de refugiados que viven en abarrotados campamentos y con carencia durante parte del día de acceso al agua potable

¹⁰³. UNICEF, 2021.

y corriente de electricidad y, permanentemente, a unos saneamientos adecuados. En cualquier escenario post-Covid, resulta necesario continuar con los esfuerzos diplomáticos y ayuda humanitaria para evitar una mayor degradación de la situación de este territorio y que la crisis actual no desemboque en un derrumbe total de su economía.

Las mujeres deben desempeñar una función mucho más protagonista en la Franja de Gaza en lo concerniente a la diplomacia, la gobernanza y la gestión de los recursos hídricos. Entre otros aspectos, las mujeres suelen ser las principales suministradoras de agua para sus familias. Por el simple hecho de involucrarlas, puede aumentar notablemente la efectividad de los proyectos hídricos respecto a los que no lo hacían, promoviendo el desarrollo sostenible, la conservación del hábitat natural y las buenas prácticas, con el objeto de construir paulatinamente una sociedad próspera y pacífica, ajena a cualquier nueva escalada bélica. Por el contrario, no solo están ajenas generalmente a las negociaciones sobre el agua entre Palestina e Israel, no pudiendo ni ejercer su liderazgo, ni aportar sus capacidades y habilidades, sino que las mujeres padecen en ocasiones abusos, con la permanencia de diferentes tipos de violencia en Gaza.

La transversalización de la perspectiva de género en el conjunto de las acciones que se planifiquen, se trata de una estrategia ineludible para abordar la crisis humanitaria y la escasez de agua en Gaza, tomando en consideración sus realidades económicas, sociales, demográficas, religiosas, educativas y políticas. En última instancia, y etapa a etapa, se debe poder caminar hacia una paz en Oriente Próximo, favoreciendo la estabilidad y el fin de los conflictos. Este hecho representa uno de los mayores desafíos a los que se enfrenta desde hace décadas tanto Naciones Unidas como la comunidad internacional.

Sin embargo, en la actualidad, se aleja cada vez más el cumplimiento de los ODS para el conjunto de Palestina, en tanto, entre otros aspectos, permanezcan las notables desigualdades actuales entre los hombres y las mujeres en múltiples esferas de la actividad económica, social y política. Pero, sobre todo, no se podrá avanzar hacia una sociedad ordenada, justa, libre y solidaria del siglo XXI, mientras que en Gaza se siga produciendo cualquier tipo de violencia, discriminación o abuso en situación de vulnerabilidad contra la mujer, tanto de origen externo como interno.

Se debe otorgar a la mujer la opción de ocupar cargos públicos, de recibir una educación adecuada para

la gestión de los recursos y de obtener unos derechos igualitarios en el acceso a activos económicos como tierras y propiedades. Además, en zonas como la Franja de Gaza, se impone una participación cada vez mayor de la mujer, como agentes de cambio, en la gobernanza, la negociación, la participación y el liderazgo en la diplomacia del agua con los países limítrofes. Para ello, hay que proporcionar una capacitación a las más jóvenes para emplear los instrumentos disponibles, tras un aprendizaje apropiado y de calidad en las escuelas y las universidades en el conjunto de Palestina, con una cultura de innovación para afrontar, por ejemplo, prioritariamente, la negociación sobre la disposición y el consumo del agua del acuífero costero con Egipto e Israel. A este respecto, se podrían incorporar avances tecnológicos para agilizar esta ruta como el proceso de desalinización basado en electrodiálisis que, por medio de una corriente eléctrica, extrae partículas de sal del agua o también emplear energías renovables en el tratamiento de agua de ósmosis inversa, que permitan un abaratamiento de los costes de producción, y hacer más asequible el precio del agua desalada a los usuarios.

Se persigue, en última instancia, lograr la supervivencia a los habitantes de la Franja de Gaza, por la gran degradación del medioambiente, con un impacto desproporcionado entre las mujeres y las niñas, proponiendo nuevos convenios internacionales para poder progresar hacia los ODS e intentar superar el choque económico actual que mundialmente se experimenta en condiciones aceptables. El empoderamiento económico de las mujeres aportaría un valor añadido esencial a las iniciativas de transformación del territorio, disfrutando de sus derechos económicos y generando cambio social y, en última instancia, unas imprescindibles perspectivas de futuro positivas para una población femenina tan castigada, en un contexto determinado por el hacinamiento y la falta de agua y servicios básicos en los campos de refugiados, desprovistos de las condiciones mínimas para una vida digna.

Concluyendo, la Franja de Gaza, en el panorama del conflicto palestino-israelí, con muchas décadas de duración, constituye un paradigma de la trascendencia de la igualdad de género en las políticas de agua y en la protección de este derecho humano, aprovechando las destrezas y las habilidades de la mujer en su gobernanza y la diplomacia, abriendo nuevos vectores de cooperación y diálogo en esta materia entre el conjunto de Palestina y los países limítrofes. Se trata de una condición necesaria para cualquier atisbo de mantenimiento de la paz en la región y la consecución del resto de

derechos humanos, pero también del conjunto de los ODS y de mejora en el bienestar económico y social de los habitantes de la Franja de Gaza. Es decir, en el camino hacia la concordia, con un enfoque pragmático y la participación activa de la mujer, se podría empezar, en una primera fase, por la negociación y el acuerdo en el reparto de los recursos hídricos, que favoreciera, paralelamente, otros consensos en el tema de refugiados, fronteras, colonias, etc.

La fragmentación política, económica y social en la región, que se acentúa en la creciente desigualdad de ingresos y de oportunidades, prima el corto plazo, merma la confianza en las instituciones nacionales e internacionales y dificulta acuerdos en cuestiones básicas como el acceso y el uso del agua potable y corriente, con una situación límite, que debe afrontarse urgentemente en la Franja de Gaza. Aún queda mucho camino por recorrer, pero se debe avanzar hacia el consenso y el éxito en la cooperación y la toma de decisiones en el marco, por ejemplo, del Comité Conjunto del Agua palestino-israelí para transitar hacia una paz duradera en el Oriente Próximo. En este sentido, el agua constituye un recurso clave e incide extraordinariamente en la falta de bienestar de la comunidad de Gaza y se configura como un elemento fundamental para alcanzar una estabilidad permanente en el conjunto de Oriente Próximo. Así, por ejemplo, tras la guerra conocida como la de los Seis Días, Israel controló los recursos hídricos, dado que la orilla occidental se ha convertido en una fuente indispensable de agua¹⁰⁴.

Los diversos actores internacionales deben establecer planes y programas a fin de evitar cualquier actividad que obstaculice el derecho al agua en Gaza¹⁰⁵, como la construcción y puesta en funcionamiento de una gran planta desaladora en la región, que, en último término, coopere activamente hacia la seguridad alimentaria y la estabilidad política, social y la paz en el conjunto de Palestina. Paralelamente, se han planteado otras soluciones, en un entorno sujeto a problemas técnicos, medioambientales y políticos, como trasvasar el agua de Cisjordania a la Franja de Gaza o la construcción de un puente entre ambos territorios, que transporte agua potable¹⁰⁶, si bien se necesitaría una postura no desfavorable de Israel.

En cualquier caso, se impone la inclusión de la perspectiva de género en las negociaciones entre Israel y la Franja de Gaza para que las mujeres aporten sus experiencias y habilidades a la hora de construir una solución a los múltiples conflictos, como el del acceso al agua, que se reproducen sistemáticamente en su territorio.

Pero, sin duda, la erradicación de la violencia y las desigualdades de género, la protección de los derechos humanos y abordar las dificultades que impiden progresar a mujeres y niñas y, por tanto, alcanzar su pleno potencial en Gaza, beneficiaría, en gran medida, el deseado fin de la confrontación. Esta estrategia es totalmente prioritaria para la comunidad internacional; realmente, se ha convertido en uno de los conflictos en activo más largos de la histórica actual de la humanidad, y un acceso equitativo al agua se configura como un aspecto clave para la prosperidad y la estabilidad del conjunto de Palestina.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abuelaish, B.** 2017: *Modelling Land Change Scenarios in the Gaza Strip and Impacts on the Environmental Elements*, tesis doctoral, Universidad de Granada, Granada (España).
- Abuelaish, B. & Camacho, M. T.** 2018: "Analysis and Modelling of Groundwater Salinity Dynamics in the Gaza strip". *Cuadernos Geográficos*, 57(2), 72-91. <https://doi.org/10.30827/cuad-geo.v57i2.5914>
- Agencia de Naciones Unidas para los Refugiados de Palestina en Oriente Próximo (UNRWA). 2014: *El conflicto palestino-israelí: una aproximación histórica*. www.unrwa.es/escuelasporlapaz/images/pdf/Historia_conflicto.pdf Consulta realizada el 28 de junio de 2021.
- Albuquerque, C.** 2014: *Manual práctico para la realización de los derechos humanos al agua y al saneamiento*. Lisboa (Portugal), Aecid, WaterAid, Unicef, ONU Hábitat.
- Amnistía Internacional. 2009: *Israel y los Territorios Ocupados: Aguas turbulentas, negación del derecho al agua a la población palestina*. Madrid (España), Amnistía Internacional.
- Añaños, K., Rodríguez, J. A. & Añaños-Bedriñana, F.** 2021: "Human Rights in the Least Developed Countries of Asia: An Index for Quantifying Sustainable Development Goal 3 (Good Health and Wellbeing)". *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 21, 18(9), 4747. <https://doi.org/10.3390/ijerph18094747>
- Arjonilla, S.** 2001: *La mujer palestina en Gaza*. Madrid (España), Ediciones del Oriente y del Mediterráneo.
- Ayeb, H.** 2001: *Agua y poder: geopolítica de los recursos hidráulicos en Oriente Próximo*. Barcelona (España), Bellaterra.

¹⁰⁴. Fontana, 2012.

¹⁰⁵. Valdés y Uribe, 2016.

¹⁰⁶. Fustec, 2017.

- Barreñada, I.** 2007: "Palestina, quince años después de la Conferencia de Madrid". *Hesperia Culturas del Mediterráneo*, 1, año III, 13-28.
- Barreñada, I.** 2020: "Pandemia: anexiones territoriales en Israel y comorbilidad en Palestina". *Geopolítica(s). Revista de estudios sobre espacio y poder*, 11, 93-104. <https://doi.org/10.5209/geop.69202>
- Bautista, J.** 2013: *El derecho humano al agua y al saneamiento frente a los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM)*. Santiago de Chile (Chile), Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- Carmi, N., Alsayegh, M. & Zoubi, A.** 2019: "Empowering women in water diplomacy: A basic mapping of the challenges in Palestine, Lebanon and Jordan". *Journal of Hydrology*, 569, 330-346. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2018.12.011>
- Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo (UNCTAD). 2017: *Informe sobre la asistencia de la UNCTAD al pueblo palestino: Evolución de la economía del Territorio Palestino Ocupado*. TD/B/64/4. Ginebra (Suiza), UNCTAD. https://unctad.org/meetings/es/SessionalDocuments/tdb64d4_es.pdf. Consulta realizada el 15 de julio de 2021.
- Currea-Lugo, V.** 2005: *Palestina: entre la trampa del muro y el fracaso del derecho*. Barcelona (España), Icaria/Acsur-Las Segovias.
- Espinoza, C.** 2020: "El Derecho Humano al Agua en contexto". *Doctrina y jurisprudencia Rio Negro y Neuquén*, 2, 28-51.
- Feron, E.** 2015: *Gender and Peace Negotiations. Why gendering peace negotiations multiplies opportunities for reconciliation*. Clingendael (Netherlands), PIN Policy Brief.
- Fibla, C. y Skaik, F. N.** 2010: *Resistiendo en Gaza: historias palestinas*. Barcelona (España), Ediciones Península.
- Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF). 2016: *La búsqueda de agua es a menudo una pérdida de tiempo colosal para las mujeres y las niñas*. Comunicado de prensa. Nueva York (USA), UNICEF.
- Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF). 2021: *State of Palestine Humanitarian Situation Report N° 2*. Nueva York (USA), UNICEF. <https://reliefweb.int/report/occupied-palestinian-territory/unicef-state-palestine-humanitarian-situation-report-no-2-gaza>. Consulta realizada el 10 de julio de 2021.
- Fontana, J.** 2012: "Los usos de la Historia: una reflexión sobre el agua". *Vínculos de Historia*, 1, 115-125.
- Fustec, K.** 2017. "Qualifier la gestion de l'eau, se positionner par rapport au conflit : les cas de l'usine de dessalement dans la bande de Gaza et du canal entre la mer Rouge et la mer Morte". *Développement durable et territoires*, 8(1), 1-21. <https://doi.org/10.4000/developpementdurable.11677>
- García-Rubio, M. A., López-Ruiz, S. y González-Gómez, F.** 2019: "Derechos humanos en España: Protección del derecho al agua en familias con problemas de asequibilidad por riesgo de pobreza y exclusión social. Análisis crítico para una reforma legal". *Agua y Territorio / Water and Landscape*, 13, 103-114. <http://dx.doi.org/10.17561/at.13.4381>
- Helfrich, S.** 2006: "Introducción: hacia una gestión sustentable, democrática y ciudadana del agua. Tras bambalinas de la gota de la vida", en Esch, S., Delgado, M., Helfrich, S., Salazar, H., Torregrosa, M. y Zúñiga, I. (Eds.), *La gota de la vida: hacia una gestión sustentable y democrática del agua*. México, Fundación Heinrich Böll, 19-28.
- Heller, L.** 2012: *Saneamiento básico, salud ambiental y políticas públicas. Nuevos paradigmas para América Latina y el Caribe*. Washington D.C. (USA), Organización Mundial de la Salud (OMS).
- Justo, J.** 2013: *El Derecho Humano al Agua y Saneamiento frente a los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM)*. Santiago de Chile (Chile), Organización de las Naciones Unidas.
- Ki-moon, B.** 2007: *Mensaje del secretario general de la ONU con motivo del Día Mundial del Agua*. <http://www.un.org/es/sg/messages/2007/worldwaterday2007.html>. Consulta realizada el 15 de julio de 2021.
- Langdorf, M. y Khalfan, A.** 2006: "Introducción al agua como derecho humano", en Esch, S., Delgado, M., Helfrich, S., Salazar, H., Torregrosa, M. y Zúñiga, I. (Eds.), *La gota de la vida: hacia una gestión sustentable y democrática del agua*. México, Fundación Heinrich Böll, 30-62.
- Lara, A. y del Moral, L.** 2020: "El derecho humano al agua en España en el contexto europeo (2010-2020). Implicaciones para las políticas y los modelos de gestión del ciclo urbano". *Relaciones Internacionales*, 45, 305-326. <https://doi.org/10.15366/relacionesinternacionales2020.45.014>
- Leb, C.** 2012: "The right to water in a transboundary context: emergence of seminal trends". *Water International*, 37(6), 640-653. <https://doi.org/10.1080/02508060.2012.710950>
- Maoz, I.** 2009: "The Women and Peace Hypothesis? The Effect of Opponent Negotiators' Gender on the Evaluation of the Compromise Solutions in the Israeli-Palestinian Conflict". *International Negotiation*, 14, 519-536. <https://doi.org/10.1163/138234009X12481782336267>
- Minaverri, C. y Martínez, A.** 2015: "Género y Derecho Humano al agua en el Derecho Internacional". *La Aljaba: Segunda Época, Revista de Estudios de la Mujer*, 19, 237-241.
- Ministerio de Asuntos Exteriores, Unión Europea y Cooperación de España. 2020: *Ficha país: Palestina*. <http://www.exteriores.gob.es/Portal/es/SalaDePrensa/Paginas/FichasPais.aspx>. Consulta realizada el 1 de julio de 2021.

- Molina, D.** 2018: *Agua en femenino: Mujer como promotora de desarrollo en el mundo, el caso de Palestina*. <https://www.iagua.es/blogs/diego-molina-maches/agua-femenino-mujer-como-promotora-desarrollo-mundo-caso-palestina>. Consulta realizada el 28 de junio de 2021.
- Montes, E.** 2016: "La estrategia imperial israelí y la crisis humanitaria / alimentaria en Gaza". *Revista Humanismo y Cambio Social*, 8(4), 83-92. <https://doi.org/10.5377/hcs.v0i8.5148>
- Narayan, D.** 1995: *The contribution of people's participation: evidence from 121 rural water supply projects*. Series: Environmentally Sustainable Development occasional paper, 1. Washington, D.C. (USA), The World Bank.
- Organización Mundial de la Salud (OMS) y Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF). 2017: *Progresos en materia de agua potable, saneamiento e higiene: Informe de actualización de 2017 y línea de base de los ODS*. Ginebra (Suiza), OMS y UNICEF.
- Organización Mundial de la Salud (OMS). 2019: *Situación sanitaria en el territorio palestino ocupado, incluida Jerusalén oriental, y en el Golán sirio ocupado*. Ginebra (Suiza), OMS.
- Organización de Naciones Unidas (ONU). 2000: *Declaración del Milenio*. Nueva York, ONU.
- Organización de Naciones Unidas (ONU). 2002: *Observación General Nº. 15. El derecho al agua*. Nueva York, Comité de Naciones Unidas de Derechos Económicos, Sociales y Culturales de la ONU.
- Organización de Naciones Unidas (ONU). 2003: *Decenio Internacional para la Acción, El Agua, fuente de vida, 2005-2015, A/RES/58/217*. Nueva York, ONU.
- Organización de Naciones Unidas (ONU). 2011: *El derecho al Agua*. Nueva York (USA), ONU.
- Organización de Naciones Unidas (ONU). 2012: *Gaza en 2020. Respuesta operativa*. https://unrwa.es/wp-content/uploads/2019/10/gaza2020_operational_response.pdf. Consulta realizada el 10 de julio de 2021.
- Organización de Naciones Unidas (ONU). 2017: *Proyecto de plan estratégico para el Estado de Palestina (2018-2022)*. Roma (Italia), Programa Nacional de Alimentos.
- Organización de Naciones Unidas (ONU). 2018: *Informe de los Objetivos de Desarrollo Sostenible 2018*. Nueva York (USA), Organización de las Naciones Unidas.
- Organización de Naciones Unidas (ONU). 2021. *Agua*. <https://www.un.org/es/sections/issues-depth/water/index.html>. Consulta realizada el 1 de julio de 2021.
- Organización de Naciones Unidas – Mujeres (ONU Mujeres). 2019: *Los derechos humanos de las mujeres*. <https://www.unwomen.org/es/digital-library/multimedia/2019/12/infographic-human-rights>. Consulta realizada el 1 de julio de 2021.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). 2011: *El Estado de los Recursos de Tierras y Aguas del Mundo para la Alimentación y la Agricultura: Cómo gestionar los sistemas en situación de peligro*. Madrid (España), FAO. Mundi-Prensa.
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO). 2016: *Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos, Informe de las Naciones Unidas Sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo 2016: Agua y empleo*. París (Francia), UNESCO.
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO). 2019: *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos*. París (Francia), UNESCO.
- Palestinian Central Bureau of Statistics (PCBS). 2015: *Palestinian Multiple Indicator Cluster Survey 2014, Final Report*. Ramallah (Palestine), PCBS.
- Palestinian Central Bureau of Statistics (PCBS). 2020: *Preliminary Results of the Violence Survey in the Palestinian Society*. PCBS. <http://www.pcbs.gov.ps/Downloads/book2480.pdf>. Consulta realizada el 28 de junio de 2021.
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). 2009. *El PNUD en los Territorios palestinos ocupados*. Nueva York (USA), PNUD. <https://www.undp.org/content/undp/es/home/presscenter/articles/2009/11/04/undp-in-the-occupied-palestinian-territory.html>. Consulta realizada el 28 de junio de 2021.
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). 2019: *Informe sobre Desarrollo Humano 2019*. Nueva York (USA), PNUD.
- Ribeiro, G.** 2018: "El derecho al agua y su protección en el contexto de la Corte Interamericana de Derechos Humanos". *Estudios Constitucionales*, 16(1), 45-80. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-52002018000100245>
- Rodríguez, J. A. & Añaños, K.** 2021: "Index of the Right to Child Health in Africa", en Maggino, F. (Ed.), *Encyclopedia of Quality of Life and Well-Being Research*. Dordrecht (Netherlands), Springer Nature, 1-7. https://doi.org/10.1007/978-3-319-69909-7_3928-2
- Sánchez, V. M.** 2008: "Hacia un derecho humano fundamental al agua en el derecho internacional". *Revista Electrónica de Estudios Internacionales*, 16, 1-23.
- Segura, A. y Monterde, O.** 2018: *El interminable conflicto en Israel y Palestina*. Madrid (España), Síntesis.
- Soares, D.** 2019: "Una aproximación conceptual y operativa al derecho humano al agua y el saneamiento". *Ambiente y Desarrollo*, 23(45), 2346-2876. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.ayd23-45.acod>
- State of Palestine. 2020: *"Con of the Century" will not bring peace*. Ramallah (Palestine), Palestinian Liberation Organization - Negotiations Affairs Department, FAQs.

- Tortajada, C.** 2007: *El Agua y el Medio Ambiente en las Conferencias Mundiales de las Naciones Unidas*. Zaragoza (España), Centro de Documentación del Agua y el Medio Ambiente.
- United Nations (UN). 2019: *The Sustainable Development Goals Report 2019*. New York (USA), Oxford University Press.
- United Nations (UN). 2020: *The Sustainable Development Goals Report 2020*. New York (USA), Oxford University Press.
- Valdés, E. y Uribe, E.** 2016: "El derecho humano al agua. Una cuestión de interpretación o de reconocimiento". *Cuestiones Constitucionales*, 34, 3-25. <https://doi.org/10.1016/j.rmdc.2016.07.001>
- Varela, N.** 2018: *Feminismo para principiantes*. Madrid (España), Penguin Random House Grupo Editorial.
- WaterLex.** 2017: *Los derechos humanos al agua y al saneamiento. Una selección anotada de leyes y mecanismos internacionales y regionales*. Ginebra (Suiza), WaterLex.
- Vásquez, M. y Ramírez, J.** 2018: "Conflicto palestino-israelí a la luz de la hidropolítica y la trasgresión del derecho al agua". *Estudios internacionales*, 50(190), 107-124. <https://doi.org/10.5354/0719-3769.2018.51147>
- World Bank. 2016: *Economic Monitoring Report to the Ad Hoc Liaison Committee*. Washington, D.C. (USA), World Bank.
- World Bank Group. 2017: *Unlocking the Trade Potential of the Palestinian Economy: Immediate Measures and a Long-Term Vision to Improve Palestinian Trade and Economic Outcomes*. Report N°. ACS22471. Washington D. C. (USA), World Bank Group.
- World Water Development Report (WWDR). 2016: *The United Nations World Water Development Report, 2016. Water and Jobs*. Paris (France), the United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization.
- Zeitoun, M., Cascão, A. E., Warner, J., Mirumachi, N., Matthews, N., Menga F. & Farnum, R.** 2017: "Transboundary water interaction III: contest and compliance". *International Environmental Agreements: Politics, Law and Economics*, 17, 271-294. <https://doi.org/10.1007/s10784-016-9325-x>

Cambio en los patrones territoriales y análisis de inundabilidad y erodabilidad en cuencas de la provincia de Málaga, España (1956-2010)*

Evolution of the territory and analysis of flooding and water erosion between 1956 and 2010: case study in the province of Malaga (Spain)

Antonio Gallegos Reina

Universidad de Málaga

Málaga, España

a.gallegos@uma.es

 ORCID: 0000-0002-2711-111X

Información del artículo

Recibido: 20 mayo 2021

Revisado: 13 febrero 2022

Aceptado: 19 febrero 2022

ISSN 2340-8472

ISSNe 2340-7743

DOI 10.17561/AT.21.6368

 CC-BY

© Universidad de Jaén (España).
Seminario Permanente Agua, Territorio y Medio Ambiente (CSIC)

RESUMEN

En el actual contexto de cambio global, el análisis de los riesgos socionaturales se han convertido en una temática prioritaria para las administraciones. Este trabajo cuantifica de manera diacrónica la evolución de la inundabilidad y erosión hídrica de suelos en cuatro áreas representativas del litoral mediterráneo español, situadas en la provincia de Málaga (España). Dicha evolución se ha puesto en relación con los cambios territoriales producidos en las áreas de estudio en los últimos 50 años. La inundabilidad se ha calculado mediante estudio hidrológico-hidráulico, usando el método racional modificado según Témez y HEC-RAS, y la erosión hídrica usando la formulación revisada de la Universal Soil Loss Equation (RUSLE). Los resultados muestran cambios urbanísticos insostenibles territorialmente y repercusiones directas en las inundaciones y pérdida de suelos, con incrementos de dichas peligrosidades que en algunos casos doblan, e incluso cuadruplican, los valores de área inundada y pérdida de suelo de 1957.

PALABRAS CLAVE: Inundabilidad, Regiones Mediterráneas, Erosión hídrica, Torrencialidad pluviométrica, Usos del suelo.

ABSTRACT

In the current context of Global Change, the analysis of socio-natural risks has become a priority issue for administrations. This paper quantifies the evolution of flooding and potential soil erosion in four representative areas of the Spanish Mediterranean coast, located in the province of Malaga (Spain). This is related to the evolution of the territory in the study areas in the last 50 years. Flooding has been calculated by means of a hydrological-hydraulic study and HEC-RAS, and the potential soil erosion using the revised formulation of the Universal Soil Loss Equation (RUSLE). The results show territorially unsustainable urban changes and direct repercussions on floods and loss of soil, with increases that in some cases double, or even quadruple, the values of flooding and lost soil in 1957.

KEYWORDS: Flooding, Mediterranean regions, Water erosion, Heavy rainfall, Land uses.

* Esta investigación fue financiada por el proyecto de investigación Vulnerabilidad de centros docentes andaluces frente a riesgos naturales múltiples (sísmico, movimientos del terreno e inundación). Evaluación integral y propuestas para la gestión de la catástrofe (UMA18-FEDERJA-238), obtenido en la convocatoria de proyectos de I+D+i en el marco del Programa Operativo FEDER Andalucía 2014-2020, de la Consejería de Economía y Conocimiento de la Junta de Andalucía.

Mudança nos padrões territoriais e análise de inundações e erodibilidade nas bacias da província de Málaga, Espanha (1956-2010)

SUMÁRIO

No atual contexto de mudança global, os riscos sócio-naturais são uma questão prioritária para as administrações. Este trabalho quantifica a evolução das inundações e potencial erosão do solo em quatro áreas representativas da costa mediterrânea espanhola, localizadas na província de Málaga (Espanha). Esta evolução está relacionada com as mudanças territoriais produzidas nas áreas de estudo nos últimos 50 anos. A inundação foi calculada por meio de um estudo hidrológico-hidráulico, usando o método racional modificado de acordo com Témez e HEC-RAS, e a erosão potencial dos solos usando a formulação revisada da Equação Universal de Perdas de Solo (RUSLE). Os resultados mostram mudanças urbanas territorialmente insustentáveis e repercussões diretas nas inundações e perdas de solo, com aumentos que em alguns casos dobram, ou mesmo quadruplicam, os valores de área inundada e solo perdido em 1957.

PALAVRAS-CHAVE: Inundação, Regiões mediterrâneas, Erosão hídrica, Chuvas torrenciais, Usos do solo.

Cambiamento dei modelli territoriali e analisi delle inondazioni e dell'erodibilità nei bacini della provincia di Malaga, Spagna (1956-2010)

SOMMARIO

Nell'attuale contesto di cambiamento globale, i rischi socio-naturali sono una questione prioritaria per le amministrazioni. Questo lavoro quantifica l'evoluzione delle inondazioni e la potenziale erosione del suolo in quattro aree rappresentative della costa mediterranea spagnola, situate nella provincia di Malaga (Spagna). Questa evoluzione è legata ai mutamenti territoriali prodotti nelle aree di studio negli ultimi 50 anni. L'allagamento è stato calcolato mediante uno studio idrologico-idraulico, utilizzando il metodo razionale modificato secondo Témez e HEC-RAS, e la potenziale erosione dei suoli utilizzando la formulazione rivista dell'Universal Soil Loss Equation (RUSLE). I risultati mostrano mutamenti urbani territorialmente insostenibili e ripercussioni dirette su alluvioni e perdite di suolo, con incrementi che in alcuni casi raddoppiano, o addirittura quadruplicano, i valori di area allagata e suolo perduto nel 1957.

PAROLE CHIAVE: Allagamento, Regioni mediterranee, Erosione idrica, Piogge torrenziali, Usi a terra.

Changement des schémas territoriaux et analyse des inondations et de l'érodibilité dans les bassins de la province de Malaga, Espagne (1956-2010)

RÉSUMÉ

Dans le contexte actuel de changement global, les risques socio-naturels sont un enjeu prioritaire pour les administrations. Ce travail quantifie l'évolution des inondations et de l'érosion potentielle des sols dans quatre zones représentatives de la côte méditerranéenne espagnole, situées dans la province de Malaga (Espagne). Cette évolution est liée aux changements territoriaux produits dans les zones d'étude au cours des 50 dernières années. Les inondations ont été calculées au moyen d'une étude hydrologico-hydraulique, en utilisant la méthode rationnelle modifiée selon Témez et HEC-RAS, et l'érosion potentielle des sols en utilisant la formulation révisée de l'équation universelle de perte de sol (RUSLE). Les résultats montrent des changements urbains non durables sur le plan territorial et des répercussions directes sur les inondations et la perte de sol, avec des augmentations qui, dans certains cas, doublent, voire quadruplent, les valeurs de la superficie inondée et du sol perdu en 1957.

MOTS CLÉS: Inondation, Régions méditerranéennes, Pluies torrentielles, Analyse diachronique, Utilisations au sol.

Introducción y antecedentes

En la actualidad, considerando los datos históricos de los últimos 500 años, estamos viviendo un periodo de excepcional aumento de riesgos naturales, destacando las inundaciones, que además se asocian cada vez más a climas cálidos¹. En este contexto, las regiones mediterráneas ya no solo responden a una elevada vulnerabilidad por sus características de población y poblamiento², sino que la peligrosidad también se está incrementando³, de manera que se hace más necesario que nunca prestar atención a sus condicionantes específicos, así como cuantificar la evolución de dichos riesgos. En este trabajo se evalúa la evolución de las peligrosidades de inundabilidad y erosión en cuatro cuencas fluviales representativas, tanto en sus aspectos físicos como humanos, del litoral mediterráneo español, situadas en la provincia de Málaga (España). Ello se ha realizado mediante análisis diacrónicos físicos y humanos entre 1956 y 2010.

Así, partiendo de una hipótesis de correlación entre la evolución de determinados factores físicos y humanos con los cambios territoriales acaecidos en las distintas cuencas, el objetivo principal es conocer numéricamente el incremento de las peligrosidades de inundación y erosión hídrica de suelos, comparándolo con los cambios en los patrones urbanísticos en las áreas de estudio.

La relación histórica de los pueblos mediterráneos con su territorio siempre ha sido muy intensa, y tanto más lo es hoy en día. Se trata de pueblos de alta densidad demográfica y muy dependientes del suelo, históricamente por necesidades agrarias y contemporáneamente por la explotación residencial y turística del suelo y paisajes. Además, la región mediterránea es un ecosistema poco resiliente⁴, sometido a dificultades climáticas y geomorfoedáficas que dan lugar a una rápida ruptura de equilibrio si la intervención antrópica es inadecuada, tal como suele suceder. En este contexto, el estudio de los riesgos naturales siempre ha atraído la atención de numerosos investigadores, si bien su interés se ha incrementado muy notablemente en las últimas décadas. Para el caso concreto de las inundaciones, la producción científica española en las principales bases de datos bibliográficas internacionales, como la

Web of Science, ha pasado de los ocho registros del año 1990 a las 363 publicaciones en 2019⁵.

Algunos autores comenzaron el análisis de la temática de manera genérica y refiriéndose principalmente a aspectos como las inundaciones catastróficas, la desertificación, las precipitaciones torrenciales o la erosión hídrica⁶. Posteriormente, los estudios se especializaron. Se comenzó a estudiar de manera separada la vulnerabilidad y la peligrosidad, y a realizar análisis contextuales⁷. Un aspecto en el que se ha incidido notablemente en regiones mediterráneas ha sido la torrencialidad pluviométrica⁸. Otros autores han tratado aspectos más técnicos o cuantitativos, relacionados con la metodología de cálculo hidráulico⁹. Más recientemente se está renovando el enfoque, buscando potenciar la utilidad de estas publicaciones como herramienta para la predicción de áreas inundables y dar soporte técnico y científico a las actualizaciones normativas y de gestión de la administración¹⁰. Al respecto, Perles¹¹ plantea aún la necesidad de avanzar o reforzar determinadas líneas de investigación desde la Geografía Física, tales como pasar desde los resultados empíricos particulares a modelos cartográficos, avanzar en la adaptación de los procesos que generan las inundaciones al actual contexto de cambio global, obtener metodologías que permitan estudiar los peligros de funcionamiento asociado a las inundaciones o avanzar en el estudio de la inducción humana del peligro natural.

En las regiones mediterráneas, la torrencialidad pluviométrica no solo es un importante activador de inundaciones, sino también de la erosión hídrica. En principio, la erosión es un proceso que se compensa con la creación de suelo, de modo que debe mantenerse un equilibrio prolongado en el tiempo, pero cuando por razones antrópicas o incluso por la propia evolución derivada del cambio climático se rompe dicho equilibrio, se inicia una desestructuración y pérdida de suelo, así como de su capa orgánica y de su capacidad biológica. A raíz de aquí, la erosión desencadena una serie de problemas ecológicos y económicos que pueden llegar a favorecer inundaciones y/o agravar su peligrosidad,

⁵ Díez-Herrero; Garrote, 2020.

⁶ Rosselló, 1989. Mateu, 1990.

⁷ Ayala, 2000. Calvo, 2001. Máyer, Pérez-Chacón; Romero, 2006.

⁸ Olcina; Rico, 2000. Barriendos et al., 2019. Camarasa-Belmonte; Rubio; Salas, 2020.

⁹ Camarasa-Belmonte; López; Pascual-Aguilar, 2006. Morte; Navarro; García, 2019. Olcina; Oliva, 2020.

¹⁰ Díez-Herrero; Laín; Llorente, 2006, 2008. Díez-Herrero et al., 2008. Hernández, 2008. Sánchez; Lastra, 2011. Gallegos; Perles, 2020. Gallegos, 2021.

¹¹ Perles, 2020.

¹ Blöschl, Kiss; Viglione, 2020.

² Górgolas, 2019. Gallegos, 2019. Llasat, 2020. Ribas, 2020. Gallegos; Perles, 2022.

³ MedECC, 2019. Perles, 2020. Camarasa-Belmonte, 2021.

⁴ Olcina, 2008.

generando aterramientos y destruyendo infraestructuras. En la cartografía de Naciones Unidas sobre la Desertificación, España es el único país de Europa Occidental con zonas gravemente afectadas, y estas son principalmente el sureste de la península ibérica y el litoral levantino. Con ello, queda claro que el mapa de la erosión de suelos en España se subcribe fielmente a la franja mediterránea. Atendiendo al Programa de Acción Nacional contra la Desertificación¹², los principales factores y procesos que influyen en el litoral mediterráneo se basan en las siguientes condiciones particulares: condiciones climáticas áridas o semiáridas, con sequías estacionales, variabilidad pluviométrica y precipitaciones súbitas de gran intensidad; suelos pobres con débil estructura y frecuentes cortezas superficiales; relieves acusados y contrastados; pérdida de cubierta vegetal por frecuentes incendios forestales; abandono de tierras por crisis de la agricultura tradicional; prácticas agrícolas inadecuadas; sobrepastoreo y explotación insostenible de los recursos hídricos, tal como la salinización o agotamiento de los acuíferos. Considerando todo esto, resulta fácil comprender que la erosión hídrica sea uno de los objetos de estudio más frecuentes en la región mediterránea. Los enfoques han ido tanto desde los aspectos técnico-científicos hasta los históricos, sociales o económicos. En relación a los primeros, se pueden señalar nombres clásicos como Horton, Wischmeier & Smith, Wischmeier, Johnson & Cross o Kirkby & Chorley¹³, que sirven como muestra del pronto interés despertado por la materia. En el campo socioeconómico, la atención es común no solo en los países que dependen estrechamente de su producción agraria, sino también de muchos otros donde la sensibilización con la desertización es bastante evidente, tal como puede ser el caso de España. Numerosos organismos internacionales se han hecho eco de la problemática, resultando especialmente significativos los esfuerzos realizados por la UNCCD (United Nations Convention to Combat Desertification)¹⁴. En España, donde el riesgo de pérdida de suelos por erosión es muy superior al resto de Europa¹⁵, se han llevado a cabo proyectos como LUCDEME, de lucha contra la desertificación en el área mediterránea¹⁶, que en los años ochenta dio a conocer a administraciones, universidades y centros de investiga-

ción la problemática, aportando bastante información al respecto. Artículos significativos sobre el estudio de erosión de suelos en los últimos años para la región mediterránea pueden ser los de Hamani et al., Gallegos o Camarasa-Belmonte, Caballero e Iranzo¹⁷. Como línea principal, dichos trabajos evalúan tasas de erosión hídrica atendiendo a territorios o patrones territoriales específicos. Otra línea destacada es la relación entre el abandono de campos de cultivo con el incremento de la erosión hídrica, abordada recientemente por García-Ruiz et al. o Martínez¹⁸.

En último lugar, la relación de los cambios en los usos del suelo con las inundaciones y la erosión hídrica también se ha documentado abundantemente en la literatura científica, abordándose desde distintas perspectivas, de entre las que destacan la referente a la variabilidad espacial de las áreas urbanas y su efecto en la generación de escorrentía¹⁹. Un trabajo estrechamente relacionado con el presente estudio, es el publicado por Gallegos y Perles en 2019. En él se analizaba la relación existente entre los cambios en los usos del suelo en la provincia de Málaga en el último decalustro, con el incremento o decremento de los riesgos de inundación y erosión. En este trabajo se cambia el análisis a escala de cuenca, para conocer en mayor detalle la repercusión directa de dichos cambios en zonas de estudio representativas del litoral mediterráneo.

Áreas de estudio

Con el objetivo de avanzar en el conocimiento de cómo la inundabilidad y erodabilidad han cambiado en el litoral mediterráneo español en los últimos 50 años, se han seleccionado una serie de áreas de estudio representativas de este, situadas en la provincia de Málaga (Mapa 1). Se trata de cuatro cuencas hidrográficas que abarcan las principales características comunes de la región, englobando para ello patrones urbanísticos diversos y representativos. Entre las distintas cuencas se recogen patrones territoriales urbanos, periurbanos, turísticos y agrícolas. La variedad de patrones territoriales incorporados pueden hacer extrapolables tanto la metodología como el propio análisis a otras regiones

¹² Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2008.

¹³ Horton, 1945. Wischmeier; Smith, 1958. Wischmeier; Johnson; Cross, 1971. Kirkby; Chorley, 1967.

¹⁴ Critchley; Harari; Mekdashi, 2021. Sims et al., 2021.

¹⁵ Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2008.

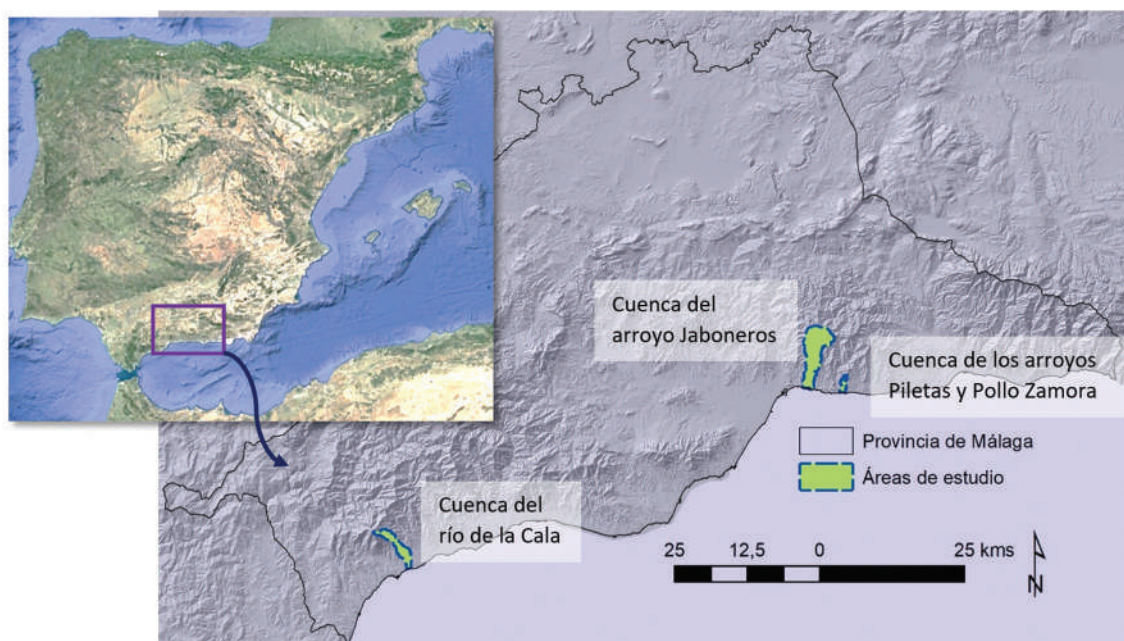
¹⁶ ICONA, 1982, 1995.

¹⁷ Hamani et al., 2016. Gallegos, 2013. Camarasa-Belmonte; Caballero; Iranzo, 2018.

¹⁸ García-Ruiz et al., 2013. Martínez, 2017.

¹⁹ López; Camarasa-Belmonte; Mateu, 2007. Perles; Mérida, 2010. Conesa et al., 2011. Romeu; Segura, 2016. Sanchis-Ibor; Segura-Beltrán; Almonacid-Caballer, 2017. Camarasa-Belmonte; Caballero; Iranzo, 2018. Gallegos; Perles, 2019.

Mapa 1. Localización de las áreas de estudio



Fuente: elaboración propia.

mediterráneas más allá de la provincia de Málaga o incluso del litoral mediterráneo español.

Las distintas áreas de estudio se enmarcan en las Zonas Internas de las Cordilleras Béticas. Son de reducida extensión, abrupto relieve y litologías complejas, destacando en cualquier caso los materiales calizos, filitas y metaareniscas. En la cuenca de La Cala aparece también un importante porcentaje de peridotitas. En general, además de su accidentada topografía, aparecen muy distintas permeabilidades, consistencias y modelados, todo en un escenario desordenado, con frecuentes calbagamientos y saltos estratigráficos. Resultado de todo esto, el riesgo de deslizamientos y otros riesgos naturales es sensiblemente superior²⁰. En cuanto a la edafología, se suceden de sur a norte franjas de antrosols úrbicos, en el suelo urbano consolidado, regosols calcáricos, en las cuencas medias, evolucionados a partir de coluviales o de prácticas agrícolas, y leptosols éutricos en las cabeceras de cuencas²¹.

Los cauces son mayoritariamente de tipo rambla, con orientación N-S y un patrón de cuenca dendrítico. Transversalmente a su estructura hidráulica, y tal como ocurre en buena parte de la franja mediterránea, discurren las principales infraestructuras viales de la región, la autovía A-7 y la carretera nacional N-340,

longitudinales a la costa, ajustándose a la configuración del relieve mediterráneo. Esto provoca la ruptura e interrupción de los cauces fluviales, con un fuerte efecto barrera.

Las cuencas de los arroyos Piletas y Pollo Zamora se localizan anexas entre sí, en el término municipal del Rincón de la Victoria (Mapa 2). La cercanía a la capital malacitana y la configuración topográfica, con relieves muy próximos a la costa, condicionan su desarrollo urbanístico y su respuesta ante episodios de avenidas y otros riesgos naturales.

Ambas cuencas suman 247,7 hectáreas, con un importante porcentaje de superficie alterada antrópicamente, de modo que suelo urbano e infraestructuras alcanzan el 38,8 % del total, y las zonas en construcción añaden otro 38,4 % más, restando únicamente un 22,8 % de usos no urbanos. Estos últimos se reparten entre monte bajo (14,9 %) y aprovechamientos agrícolas en su mayor parte abandonados, degradados y con escaso porte y porcentaje de cobertura (7,1 %). Hasta no hace muchos años, han mantenido estructuras y economías fundamentalmente rurales que se sustentan sobre un medio con recursos naturales bastante limitados y notables condicionantes físicos como la pendiente, el empobrecimiento de los suelos, el déficit de agua y unas dinámicas hidrológicas áridas y torrenciales. En estas circunstancias de pendiente, erosión y aridez, el viñedo, el almendro o el olivar han competido con mejores

²⁰ Mérida; Perles; Blanco, 1998.

²¹ ICONA, 1995.

Mapa 2. Cuencas anexas de los arroyos Piletas y Pollo Zamora



Fuente: elaboración propia.

mecanismos de adaptación frente a otros cultivos hasta que el declive del modelo tradicional de secano ha consolidado su principal proceso degenerativo, que no es otro que el abandono de la gestión agraria.

La forma y funcionalidad de los arroyos en su transcurso urbano, en general bastante ajustados y limitados artificialmente, fueron establecidas ya en los años sesenta y setenta bajo un clima de escasa consideración de los riesgos de inundación y de fuerte ocupación urbanística del litoral. Desde entonces, apenas se han realizado operaciones de reforma o mejora de las secciones críticas y puntos negros de la red de drenaje. En consecuencia, desde los orígenes de la ciudad las inundaciones han sido un fenómeno frecuente y los riesgos han estado asociados a este territorio, con un aumento exponencial de la exposición y vulnerabilidad en los últimos años.

Ambos cauces aparecen encauzados y en algunos tramos incluso embovedados, en el ámbito urbano ya más próximo a la desembocadura. La pendiente media de los cauces principales es del 10,7 % para el arroyo Piletas y del 20 % para el arroyo Pollo Zamora. El tiempo de concentración en uno y otro caso es de 1,25 y 0,75 horas. Atendiendo ya en último lugar al parámetro más estrechamente relacionado tanto con la inundabilidad como con la erosión hídrica, y estudiado para la superficie de ambas cuencas, el valor medio anual de la máxima lluvia diaria es de 66,02 mm.

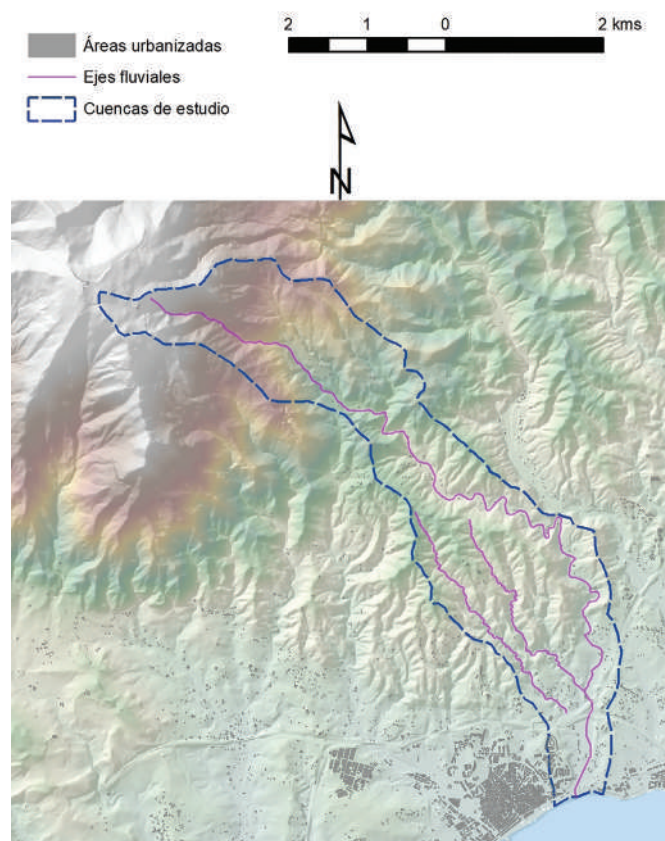
La cuenca del río de la Cala se sitúa en el municipio de Estepona, en el extremo occidental de la comarca de

la Costa del Sol. Con una superficie de apenas 1.167 hectáreas, atraviesa unidades muy contrastadas, que incluyen desde el agreste macizo peridotítico de su cabecera de cuenca hasta la llanura litoral, de aprovechamientos urbanos y agrícolas, incluyendo zonas de media montaña del Maláguide y del Alpujárride (Mapa 3). Aun tratándose de un río de corto recorrido, el desnivel entre la cota mayor de la cuenca y la línea de costa es de 1.400 metros, lo que supone que el flujo alcanza una elevada velocidad y energía.

La proximidad del núcleo urbano de Estepona y los usos agrarios intensivos que se localizan en su tercio meridional configuran un espacio muy ligado al ser humano, del que ha resultado un paisaje peculiar y una forma de urbanización que ha dado nombre a los llamados campitos, pequeñas fincas formadas por sucesivas subparcelaciones familiares en el que se mezclan usos agrarios con segundas residencias, normalmente precarias. No obstante, y en contraste con otras de las cuencas estudiadas, la llanura de inundación del río se ha conservado con ocupaciones no excesivas. Aquí también se han dado importantes afecciones por inundabilidad.

Con un significativo 43 % de la superficie de la cuenca clasificada como monte alto, la superficie urbana apenas llega al 10 % del total. En cualquier caso, esta cifra no refleja fielmente la realidad de la zona, dado que se localiza de modo muy extensivo, y a lo largo de la práctica totalidad de la cuenca, con la única excepción de la cabecera peridotítica.

Mapa 3. Cuenca del Río de la Cala



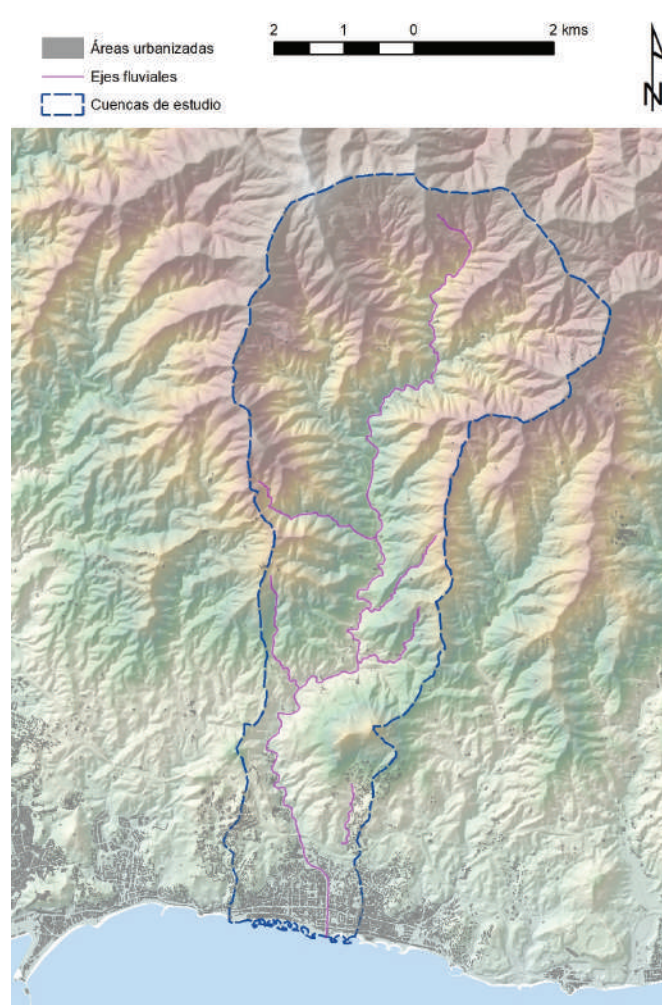
Fuente: elaboración propia.

Todo el cauce discurre libre, sin embovedamientos ni encauzamientos, si bien con diversas interrupciones transversales por infraestructuras viales. La pendiente media del cauce principal es del 11,5 % y el tiempo de concentración de 3,03 horas. Para la cuenca, el valor medio anual de la máxima lluvia diaria es de 85,03 mm.

La cuenca del arroyo Jaboneros, situada al noreste de la ciudad de Málaga, recoge algunos factores que la particularizan con respecto a las otras reunidas en este estudio, especialmente por incluir en su interior desarrollos urbanísticos ya consolidados, tanto en la estrecha plataforma litoral como en barriadas residenciales sobre los relieves más acusados del Monte San Antón. Su cuenca, asimismo, es considerablemente más grande, al alcanzar las 2.998 hectáreas, en una zona de media montaña, de origen metamórfico y cuyas principales características son la presencia destacada del relieve del Monte San Antón, barriadas residenciales y el núcleo urbano de Málaga (Mapa 4).

De modo similar a como ocurre en las restantes cuencas, y siendo una de las tipologías más repetidas en el litoral mediterráneo, aparecen relieves acusados muy próximos a la costa, con desarrollo periurbano, no

Mapa 4. Cuenca del arroyo Jaboneros



Fuente: elaboración propia.

obstante, de las limitantes condiciones constructivas. En los últimos años se han dado repetidos episodios de inundaciones y otros riesgos naturales normalmente asociados a los primeros.

Un 10 % de la superficie de la cuenca es urbana, concentrada en la práctica totalidad en el tercio meridional, entre la propia ciudad de Málaga y las barriadas residenciales periurbanas situadas al norte. Tres cuartas partes de esta superficie es residencial urbano y el resto son infraestructuras viarias, zonas en construcción y equipamiento urbano (educativo, sanitario, comercial y deportivo). Sin embargo, los usos más representativos de la cuenca son el monte bajo (33 %), monte alto (24,2 %) y agrícola (19,8 %), principalmente frutales y olivar. Más allá de lo anterior, resulta significativo que casi un 10 % de la superficie de la cuenca responda a usos agrícolas abandonados.

Existe un encauzamiento desde algo después del cruce con la autovía A-7 y hasta la desembocadura. La pendiente media del cauce principal es del 6,8 % y el tiempo

de concentración es de 3,9 horas. El valor medio anual de la máxima lluvia diaria en la cuenca es de 68,47 mm.

Materiales y métodos

Para cumplir los objetivos del trabajo, haciendo uso de ortoimágenes de 1956 y 2010, se han derivado mapas de usos del suelo y áreas urbanas, y se ha obtenido información de umbral de escorrentía, caudal instantáneo máximo, superficie inundable para un periodo de retorno de 500 años, velocidad, profundidad, tensión cortante del flujo de inundación y erosión potencial del suelo²². Todo ello se ha realizado para ambas fechas, permitiendo hacer una comparativa diacrónica de distintos factores y peligrosidades.

El primer paso ha consistido en cartografiar los usos del suelo y aprovechamientos urbanos en las áreas de estudio en las fechas inicial y final de 1956 y 2010, y también en tres fechas intermedias: 1977, 1999 y 2003. Para ello, se han usado los vuelos fotogramétricos y las ortofotografías resultantes de que se disponen en la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía, así como la información aportada por los ayuntamientos en los que se sitúan las cuencas de estudio, lo que permite un análisis más completo y exhaustivo de la base territorial. Esta información última proviene de la cartografía usada en los respectivos planeamientos municipales.

La fecha origen de 1956 se ha tomado aprovechando la existencia del denominado vuelo americano, realizado pocos años antes del arranque del desarrollo urbanístico en España. Y la fecha final, de 2010, se ha seleccionado tanto para homogeneizar la información procedente de dichos planeamientos urbanísticos, como por tratarse del momento inmediatamente posterior al punto álgido del desarrollismo urbanístico, pudiendo entenderse que este tiene como frontera la aparición de la crisis económica de 2008. Tras finalizar dicha crisis, en 2014, no ha existido un cambio significativo de usos del suelo en el país y, cuando comenzaba a vislumbrarse que este podría empezar a producirse, ha llegado la nueva crisis internacional del Covid-19, que ha vuelto a frenar dicha posibilidad.

De igual modo, se ha realizado también un análisis bibliográfico de la evolución poblacional y urbanística en cada una de las áreas de estudio y entrevistas con

técnicos responsables de urbanismo y medio ambiente de los ayuntamientos de los municipios a las que estas pertenecen.

Seguidamente, se ha realizado el cálculo de la inundabilidad. Este se ha realizado para las fechas de 1956 y 2010, mediante un análisis hidrológico-hidráulico con los criterios establecidos por la administración regional competente en materia de aguas de la Junta de Andalucía. Más allá de la mera delimitación de la lámina inundable, se han obtenido también otros aspectos hidráulicos que afectan al nivel de peligrosidad, como son la profundidad del flujo, su velocidad y la tensión cortante. Esta última variable se ha considerado por su importancia para conocer la capacidad que tiene el flujo de erosionar el material de las orillas y, con ello, de generar sedimentos sólidos que se incorporen al caudal retroalimentando su peligrosidad.

El modelo hidrometeorológico se ha obtenido a partir de la precipitación total diaria de las distintas cuencas de estudio según la publicación del Ministerio de Fomento *Máximas lluvias diarias en la España Peninsular*²³, considerando un periodo de retorno de 500 años. Los caudales máximos instantáneos de escorrentía superficial derivan de lo anterior mediante el método racional modificado según Témez, tal como establece la Norma 5-2-IC de drenaje superficial de la Instrucción de Carreteras²⁴. Para las fechas inicial y final se han usado las respectivas cartografías de usos del suelo obtenidas mediante digitalización de ortoimágenes, con las que pueden extraerse los diferentes datos de umbral y coeficiente de escorrentía. En último lugar, el estudio hidráulico se ha realizado con el modelo unidimensional de libre uso HEC-RAS. En total, para todas las cuencas, se ha trabajado con 25 tramos y puntos de caudal independientes.

A continuación, se ha realizado el cálculo diacrónico de la erosión hídrica potencial para las distintas áreas de estudio y las fechas consideradas, con la formulación RUSLE, versión revisada de la Universal Soil Loss Equation, obteniendo un valor de toneladas anuales de pérdida estimada de suelo para cada cuenca y fecha. Su expresión matemática es: $A = R \times K \times L \times S \times C \times P$, siendo A la pérdida de suelo media anual por unidad de superficie ($T \cdot ha^{-1} \cdot año^{-1}$), R el factor de erosividad de las lluvias ($KJ \cdot mm \cdot m^{-2} \cdot hora^{-1} \cdot año^{-1}$), K el factor de erodabilidad del suelo ($T \cdot m^2 \cdot hora \cdot ha^{-1} \cdot KJ^{-1} \cdot mm^{-1}$), L el factor longitud de pendiente (adimensional), S la

²² Según la formulación RUSLE, *Revised Universal Soil Loss Equation*.

²³ Ministerio de Fomento, 1999.

²⁴ Orden FOM/298/2016.

pendiente (%) (adimensional), C el factor de cubierta vegetal (adimensional, tabulado según las características de la vegetación) y P un factor de prácticas de conservación de cultivo (adimensional).

Resultados y discusión. Los cambios en los patrones territoriales y su repercusión en la inundabilidad y erodabilidad

Del análisis de los cambios en los usos del suelo y patrón urbano entre las fechas consideradas en las áreas de estudio, se observa que estas se han visto inmersas en un acelerado proceso de atracción turística, residencial y económica, acompañado de un incremento poblacional muy notable. A raíz de ello, el porcentaje de superficie urbanizada se ha multiplicado por cinco entre las fechas consideradas, si bien la mayor superficie de la cuenca del Jaboneros desdibuja los resultados de las restantes cuencas, más pequeñas, y en las que el porcentaje de poblamiento se ha multiplicado por 17 para el caso de Estepona y por 38 para el caso del Rincón de la Victoria, según dicho análisis. Entre las distintas consecuencias de este hecho cabe destacar como aspecto fundamental que la permeabilización del suelo ha pasado, en términos medios, del 2 al 10 % (Tabla 1).

Aunque el motor principal en una primera fase fue el turismo, poco después el impulso de la segunda residencia ha sido el verdadero transformador del espacio. Se han sumado, no obstante, otros procesos, como el abandono de los espacios agrícolas tradicionales, la aparición de los regadíos y las agriculturas intensivas, y el desarrollo de las infraestructuras viarias longitudinales al litoral²⁵.

La concentración de poblamiento no se ha limitado a la llanura litoral, sino que en fases posteriores se

ha extendido por las laderas de las sierras litorales. Tal es el caso de las cuencas de los arroyos Pileta y Pollo Zamora, y en menor medida también de la cuenca del arroyo Jaboneros. Además, no ha respondido a patrones concentrados, sino que se ha generado un poblamiento difuso²⁶, o en el mejor de los casos de urbanizaciones y barriadas aisladas²⁷. En todos los casos, no obstante, se observa una estrecha dependencia, tanto temporal como geográfica, de la aparición de los ejes viarios: N-340 en relación con los primeros asentamientos, a mitad del siglo pasado, y autovía A-7 en relación a los más recientes. Estos viales, más allá de sus consecuencias derivadas, también han generado importantes transformaciones y condicionantes, fundamentalmente por las explanaciones y obras de paso transversales que llevan aparejados, eliminando vías de flujo preferente y las necesarias áreas de desbordamiento previas a la entrada de los cauces en las tramas urbanas.

Se aprecia también la falta de planificación y control administrativo en los nuevos patrones, destacado en el caso de la cuenca del Río de la Cala, donde los propios técnicos responsables de catastro del ayuntamiento de Estepona, en la entrevista mantenida con ellos, reconocían un 70 % de viviendas ilegales en 2010. También en el caso de Málaga, se observa dicho desarrollo al margen de la legalidad en barriadas como La Mosca o La Cerrajerilla. Al respecto, la inacción, que no desconocimiento, por parte de la administración local debería llevarnos a replantear el reparto competencial en materia urbanística entre municipios y comunidades autónomas.

En último lugar, y en base a los principales grupos de usos del suelo para las distintas cuencas de trabajo y periodos estudiados, entre 1956 y 1999 los cambios más destacables están relacionados con los usos agrícolas (Tabla 2). Se observan cambios de uso, en uno y

Tabla 1. Evolución del suelo urbano (% de superficie urbanizada) en las áreas de estudio entre 1956 y 2010

	1956	1977	1999	2003	2010
Arroyo Jaboneros	2,5	4,3	7	7,1	7,5
Río de la Cala	0,3	0,8	4,6	4,7	5,2
Arroyos Piletas y Pollo Zamora	2,1	21,2	33,6	73,5	79,9
Total áreas de estudio	2	4,3	7,7	9,6	10,3

Fuente: elaboración propia.

²⁶ Tal es el caso concreto de los campitos, en la cuenca de Estepona.

²⁷ Parque Victoria, en las cuencas del Rincón, y barriadas La Mosca, La Cerrajerilla o Pinares San Antón, en la cuenca malagueña.

²⁵ Gallegos, 2018.

Tabla 2. Evolución de los principales grupos de suelo, en porcentaje, en las áreas de estudio, entre 1956 y 2010

	56>99	99>03	03>10	56>10
No varía (%)	76,4	97,3	99,4	73,4
Áreas naturales a agrícola (%)	9,3	0,1	-	9,4
Agrícola a áreas naturales (%)	7,0	-	0,1	7,0
Agrícola a suelo urbano e infraestructuras (%)	4,5	0,6	0,4	5,5
Áreas naturales a suelo urbano e infraestructuras (%)	2,4	1,8	-	4,3
Playas y mares a áreas naturales (%)	0,2	-	-	0,2
Riberas a agrícola (%)	0,1	-	-	0,1

Fuente: elaboración propia.

otro sentido, entre áreas agrícolas y áreas naturales, y entre áreas agrícolas y suelo urbano e infraestructuras. También destaca la transformación de riberas a suelo agrícola, por el menor control de la administración sobre los cauces durante el siglo XX, lo que hizo retroceder de manera importante el territorio fluvial. Entre 1999 y 2010, las transformaciones más importantes se dan fundamentalmente por la transformación de áreas agrícolas y áreas naturales a suelo urbano e infraestructuras.

La máxima precipitación diaria en cada una de las áreas de estudio para el periodo de retorno considerado (500 años) oscila entre los 238,74 l/m² de la cuenca de Pollo Zamora hasta los 265,97 l/m² de la cuenca de La Cala. Estos valores son una buena muestra de la intensidad pluviométrica de la zona.

De otro lado, el umbral de escorrentía (cantidad de precipitación, en l/m², a partir de la cual esta se transforma en escorrentía), se sitúa en torno a los 50 o 60 l/m², con la notable salvedad de las cuencas del Rincón de la Victoria, donde la capacidad de retención de escorrentía apenas supera 6 l/m². Esto supone que casi cualquier evento tormentoso empieza a generar escorrentía desde los primeros minutos, de lo que resultarán caudales muy importantes para la escasa superficie que representan. Como referencia, para la provincia de Málaga, y según datos obtenidos aplicando la metodología ya citada, el umbral medio de escorrentía es de 70,5 l/m²²⁸.

En relación al caudal instantáneo máximo para cada cuenca, este se ha obtenido según el método racional modificado por Témez²⁹, para un periodo de retorno de 500 años. El resultado es ligeramente superior a los 25 m³/s en las cuencas de Piletas y Pollo Zamora, se acerca a los 100 m³/s en la cuenca de La Cala y supera los 200

m³/s en la cuenca del Jaboneros. Resulta llamativo, en cualquier caso, la desproporción en cuanto a superficie y producción de caudal en las cuencas del Rincón de la Victoria, especialmente la de Pollo Zamora.

Atendiendo a los resultados hidráulicos, la elevación del flujo oscila entre los 0,5 metros del arroyo Pollo Zamora y los 1,4 metros del Jaboneros. La velocidad del flujo oscila entre 3,3 metros en Pollo Zamora y 5,5 en Jaboneros. La tensión cortante se mueve entre 421 N/m² y 716 N/m² (nuevamente con los valores más bajo y alto en Pollo Zamora y Jaboneros). Y la anchura inundada de la sección varía entre 10,9 metros en el arroyo Piletas y 34,2 metros en Jaboneros.

Comparando lo anterior con los datos de 1956, en referencia primero al umbral de escorrentía, su disminución en las cuencas del Rincón de la Victoria ha sido especialmente destacada, habiéndose reducido de 46 a 6 l/m² en la cuenca de Pollo Zamora y de 66 a 25 l/m² en la cuenca del Piletas. Esto significa que casi cualquier precipitación, incluso sin tratarse de un evento tormentoso intenso, genera escorrentía directa. El modelo urbanístico seguido demuestra, por tanto, una correlación evidente con la peligrosidad de inundación. Como ya se ha visto anteriormente, estas cuencas han pasado de tener urbanizado desde un 2 % hasta un 80 % del total superficial. En el caso de la cuenca del río de la Cala también existe una importante reducción del coeficiente de escorrentía, que pasa de los 93 l/m², lo que garantizaba una importante protección frente a inundaciones, a los 53 l/m². Si bien en este caso el incremento de suelo urbanizado no es tan notable³⁰, se han dado otros factores como la aparición de las infraestructuras viarias o, especialmente, la pérdida de importantes zonas de masa forestal en la mitad septentrional de la cuenca, que en

²⁸ Gallegos; Perles, 2019.

²⁹ Témez, 1991.

³⁰ Se sitúa apenas en el 5,2 %.

1956 aún se mantenía virgen y libre de caminos, cultivos y casas. Para la cuenca del arroyo Jaboneros, por el contrario, se ha dado una evolución positiva del umbral de escorrentía, incrementándose desde los 48 l/m² a los 56 l/m², pues buena parte de la zona urbana ya existía en los años cincuenta, mientras que algunas zonas han sido forestadas en estos años, principalmente por su cercanía al Parque Natural Montes de Málaga. Estos datos reflejan una importante disminución de la capacidad de los suelos para retener agua y un aumento del escurrimiento.

En relación al caudal instantáneo máximo, la comparación de resultados entre ambas fechas es análoga a lo ya comentado en relación al umbral de escorrentía. Para el periodo de retorno de 500 años, los arroyos Piletas y Pollo Zamora aumentan su caudal entre una y otra fecha en torno al 200 %, y algo menos (176 %) para el río de la Cala. En la cuenca del arroyo Jaboneros, este disminuye al 89 %.

En atención, en último lugar, a los resultados hidráulicos entre 1956 y 2010, la superficie total inundada aumenta un 17 % para el río de la Cala y se dobla para los arroyos del Rincón. En el caso del arroyo Jaboneros, disminuye un 13 %, lo que muestra la repercusión que los cambios en los usos del suelo han tenido sobre la peligrosidad de inundación. La altura media de la lámina en las secciones aumenta igualmente entre un 10 y un 31 % en todos los arroyos, salvo en el Jaboneros, donde disminuye un 9 %. Los valores medios de velocidad y tensión cortante del flujo pueden resultar confusos estadísticamente, dado que, al aumentar la zona inundada, los valores de estas nuevas áreas menos dinámicas diluyen el valor real. En estos casos, es preciso comparar el valor en cada sección de control, donde sí se aprecian cambios notables entre ambas fechas. En cuanto a la anchura inundada de la sección, esta se sitúa en torno a un incremento del 20 %, con las excepciones de la cuenca de Pollo Zamora, donde aumenta un 123 %, y del arroyo Jaboneros, donde desciende un 14 %.

En cuanto a la consideración de la erosión hídrica, las pérdidas de suelo en los distintos espacios de trabajo muestran importantes contrastes. Así, en 2010 las cuencas de La Cala y Jaboneros dan un valor potencial de pérdida de suelo de 37 y 46 toneladas por hectárea y año respectivamente, mientras que las cuencas de Piletas y Pollo Zamora alcanzan la destacable cifra de 101 y 59 toneladas por hectárea respectivamente. La diferencia entre las dos cuencas del Rincón de la Victoria responde a causas estadísticas, dado que la de Pollo Zamora tiene un porcentaje de suelo urbanizado comparativamente mayor a su vecina Piletas. En la provincia de Málaga, el valor medio de erosión es de 56,3 toneladas por hec-

tárea y año³¹, lo que se explica en que las dos primeras cuencas tienen un porcentaje de naturalización superior a la media provincial.

En 1956 la erosión potencial en el litoral era muy diferente a la actual. Así, las cuencas de Rincón de la Victoria se situaban en torno a 25 toneladas por hectárea y año, la del Jaboneros producía una media de 45 toneladas y la de Estepona no llegaba siquiera a las 20 toneladas. Con ello, en estas cinco décadas la cuenca de Estepona ha duplicado su pérdida de suelo y las del Rincón llegan a aumentar su erosión hasta el 435 % (Piletas), mientras que la del arroyo Jaboneros se ha mantenido constante. Frente a estas cifras, contrasta el hecho de que, en este mismo periodo de tiempo, la erosión potencial de la provincia de Málaga apenas haya aumentado en un 8 %, desde 52,1 a 56,3 toneladas por hectárea y año³², lo que deja en evidencia la muy diferente evolución seguida por los municipios litorales y los del interior.

Para el caso de la cuenca del río de la Cala, se dan algunas particularidades, como la presencia de peridotitas, litologías de muy baja erodabilidad, o el importante porcentaje de cubierta forestal densa. Aun así, las altas pendientes y la pérdida de parte de esta cubierta en las últimas décadas han acercado los valores de erosión potencial a la media provincial. Las restantes cuencas están conformadas principalmente por filitas, mayoritarias en la cuenca del arroyo Jaboneros, de baja erodabilidad, y por calizas, frecuentes en las cuencas del Rincón de la Victoria, y de erodabilidad media. Las pendientes, si bien no son tan elevadas como en la cuenca de Estepona, también son muy altas. Y el factor de cultivo y ordenación sí resulta más contrastado entre las cuencas del Rincón y la de Málaga, pues en el primer caso tres cuartas partes de la superficie son urbanas o están en proceso de urbanización, mientras que en el segundo este porcentaje se queda en el 10 %.

Conclusiones

En las distintas áreas de estudio consideradas coincide en la actualidad la existencia de patrones territoriales mixtos, de crecimiento acelerado y desordenado, impulsado por desarrollos residenciales que se mezclan con usos agrarios tradicionales en distinto grado de aprovechamiento. Los factores humanos interfieren

³¹ Gallegos; Perles, 2019.

³² Gallegos; Perles, 2019.

con los naturales y viceversa, desdibujando la anterior nítida dualidad natural/artificial e intensificando la inducción humana del proceso natural. Y todo ello en un escenario de topografía abrupta, que hubiera sido limitante para buena parte de los aprovechamientos que se han ido desarrollando de no ser por la aplicación de soluciones de ingeniería que, en ocasiones, han inducido problemas de inundabilidad y movimientos en masa, y que en el mejor de los casos han generado una falsa sensación de seguridad a los vecinos de la zona que desarma la necesaria prevención y capacidad de reacción ante los desastres. Se trata, pues, de cuencas donde más allá de los múltiples condicionantes naturales directamente ligados con la peligrosidad, el patrón territorial se suma para configurar un claro ejemplo de espacios de riesgo, con procesos interrelacionados y sinérgicos.

Cuantificado este escenario en los estudios diacrónicos de inundabilidad y erodabilidad, nos encontramos con un incremento de la superficie inundable variable pero que puede estimarse en torno al 20 %. Para el arroyo Pollo Zamora, este valor se dobla, y en el arroyo Jaboneros disminuye un 14 %. En el primer caso, se obtienen valores tan expresivos por la importancia de los cambios que la urbanización (o mejor dicho pre-urbanización) de su cuenca han introducido en los comportamientos hidrológico e hidráulico de esta. En la cuenca del arroyo Jaboneros, la reforestación y regeneración de espacios naturales con vegetación de porte matorral han actuado en el sentido contrario, reduciendo el coeficiente de escorrentía y consecuentemente la mancha inundable. Respecto a la erosión potencial, la evolución es aún más explícita. De igual modo, en las cuencas del Rincón se obtienen los cambios más evidentes, llegando a multiplicarse por cuatro la producción de elementos sólidos por erosión de suelos. En la cuenca del Río de la Cala se dobla dicha producción y en la del Jaboneros, a pesar de que amplias superficies mejoran su estimación por las razones anteriormente citadas, el balance sigue saliendo negativo, aunque aquí el incremento sea apenas del 0,8 %. En definitiva, ambas comparativas permiten confirmar sin demasiado margen de duda la hipótesis de partida del trabajo, la influencia de los cambios del patrón territorial en la producción de los peligros de inundación y pérdida de suelos.

Respecto a las metodologías usadas, cabe asumir imprecisiones en el análisis de la mancha de inundabilidad, dado que el estudio hidrológico-hidráulico usado, con el protocolo de trabajo establecido en España para cálculos de inundabilidad, no es del todo apropiado para entornos mediterráneos o torrenciales. No obstan-

te, e independientemente del hecho de que este método es el más extendido en la actualidad, dado que será usado con una finalidad comparativa, el sesgo de error se compensa, pues es equiparable en todas las áreas de estudio. De igual modo, el modelo hidrológico toma sus datos del documento *Máximas lluvias diarias en la España Peninsular*, que data de 1999. Hubiera sido conveniente disponer de información más actualizada, pero igualmente la finalidad comparativa queda salvada al usarse las mismas fechas en todas las áreas de trabajo.

De otro lado, debe citarse el hecho de que en alguna de las áreas analizadas el relieve ha sido notablemente alterado, lo que supone un condicionante importante para la lámina de inundación resultante, pero no se dispone de modelo digital del terreno de 1956, sino únicamente de 2010, por lo que dicha variable no ha podido ser adecuadamente incorporada al estudio hidráulico de la fecha inicial.

En relación al análisis de erosión hídrica con la RUSLE, podríamos considerar algo similar a lo comentado para la inundabilidad. En este caso, podemos entender nuevamente que la modelización con esta formulación conlleva un grado de error que algunos autores estiman no menor³³, pero al usarse de manera comparativa entre ambas fechas el posible error queda compensado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ayala Carcedo, Francisco Javier.** 2000: "La ordenación del territorio en la prevención de catástrofes naturales y tecnológicas. Bases para un procedimiento técnico-administrativo de evaluación de riesgos para la población". *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, (30), 37-49.
- Barriendos, Mariano; Gil-Guirado, Salvador; Pino, David; Tuset, Jordi; Pérez-Morales, Alfredo; Alberola, Armando; Costa, Joan; Balasch, Josep Carles; Castelltort, Xavier; Mazón, Jordi; Ruiz-Bellet, Josep Lluís.** 2019: "Climatic and social factors behind the Spanish Mediterranean flood event chronologies from documentary sources (14th–20th centuries)". *Global and Planetary Change*, 182. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2019.102997>
- Blöschl, Günter; Kiss, Andrea; Viglione, Alberto.** 2020: "Current European flood-rich period exceptional compared with past 500 years". *Nature*, (583), 560-566. <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2478-3>
- Calvo García-Tornel, Francisco.** 2001: *Sociedades y territorios en riesgo*. Barcelona (España), Ediciones del Serbal.

³³ Robredo, 1993. Perles, 1997.

- Camarasa-Belmonte, Ana María.** 2021: "Flash-flooding of ephemeral streams in the context of climate change". *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 47(1), 121-142. <http://doi.org/10.18172/cig.4838>
- Camarasa-Belmonte, Ana María; Caballero López, María Paz; Irazo García, Emilio.** 2018: "Cambios de uso del suelo, producción de escorrentía y pérdida de suelo. Sinergias y compensaciones en una rambla mediterránea (Barranc del Carraixet, 1956–2011)". *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, (78), 127-153. <https://doi.org/10.21138/bage.2714>
- Camarasa-Belmonte, Ana María; López García, María José; Pascual-Aguilar, Juan Antonio.** 2006: "Análisis mediante SIG de los parámetros de producción de escorrentía", en Camacho Olmedo, M.T.; Cañete Pérez, J.A.; Lara Valle, J.J. (Eds.), *El acceso a la información espacial y las nuevas tecnologías geográficas*. Granada (España), Editorial Universidad de Granada, 46-63.
- Camarasa-Belmonte, Ana María; Rubio, María; Salas, Javier.** 2020: "Rainfall events and climate change in Mediterranean environments: an alarming shift from resource to risk in Eastern Spain". *Natural Hazards*, (103), 423-445. <https://doi.org/10.1007/s11069-020-03994-x>
- Conesa García, Carmelo; Pérez Cutillas, Pedro; García Lorenzo, Rafael; Martínez Salvador, Alberto.** 2011: "Cambios históricos recientes de cauces y llanuras aluviales inducidos por la acción del hombre". *Nimbus*, (29-30), 159-176.
- Critchley, William; Harari, Nicole; Mekdaschi-Studer, Rima.** 2021: *Restoring Life to the Land: The Role of Sustainable Land Management in Ecosystem Restoration*. UNCCD and WOCAT. <https://www.unccd.int/publications>
- Díez-Herrero, Andrés; Garrote, Julio.** 2020: "Flood risk analysis and assessment, applications and uncertainties: a bibliometric review". *Water*, 12(7), 2050. <https://doi.org/10.3390/w12072050>
- Díez-Herrero, Andrés; Garrote, Julio; Baillo, Rafael; Laín, Luís; Mancebo, María Jesús; Pérez, Fernando.** 2008: "Análisis del riesgo de inundación para planes autonómicos de protección civil: RICAM". *Riesgos Geológicos*, (12), 53-70.
- Díez-Herrero, Andrés; Laín Huerta, Luís; Llorente Isidro, Miguel** (Eds.). 2006: *Mapas de peligrosidad de avenidas e inundaciones. Métodos, experiencias y aplicación*. Madrid (España), IGME.
- Díez-Herrero, Andrés; Laín Huerta, Luís; Llorente Isidro, Miguel** (Eds.). 2008: *Mapas de peligrosidad por avenidas e inundaciones. Guía metodológica para su elaboración*. Madrid (España), IGME.
- Gallegos Reina, Antonio.** 2013: "Cuantificación y distribución cartográfica de la generación de escorrentía y sedimentos en la provincia de Málaga". *Baética*, (35), 57-74. <https://doi.org/10.24310/BAETICA.2013.v0i35.57>
- Gallegos Reina, Antonio.** 2018: *Caracterización y análisis de los riesgos naturales en el planeamiento urbanístico del litoral mediterráneo español*. Málaga (España), UMA.
- Gallegos Reina, Antonio.** 2019: "Litoralización, urbanización difusa y riesgos naturales: análisis y reflexión sobre la evolución del poblamiento en el litoral mediterráneo andaluz entre 1957 y 2016", en *IX Congreso Internacional de Ordenación del Territorio. Planificación y gestión integrada como respuesta*. Cantabria (España), Asociación Interprofesional de Ordenación del Territorio FUNDICOT, 251-256.
- Gallegos Reina, Antonio.** 2021: "Inundaciones en el litoral mediterráneo español en el actual contexto de Cambio Climático: orientaciones para su análisis y gestión. Estudio en la cuenca del arroyo Piletas (Málaga)". *Ería, revista de Geografía*, 2021-1, 33-53. <https://doi.org/10.17811/er.1.2021.33-53>
- Gallegos Reina, Antonio; Perles Roselló, María Jesús.** 2019: "Relaciones entre los cambios en los usos del suelo y el incremento de los riesgos de inundabilidad y erosión: análisis diacrónico en la provincia de Málaga (1957-2007)". *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 81, 2740. <http://dx.doi.org/10.21138/bage.2740>
- Gallegos Reina, Antonio; Perles Roselló, María Jesús.** 2020: "Metodología para el análisis integrado de peligros asociados a la inundación: propuesta adaptada a la ordenación territorial en regiones mediterráneas". *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, (86). <https://doi.org/10.21138/bage.2950>
- Gallegos Reina, Antonio; Perles Roselló, María Jesús.** 2022: "Problemáticas de los patrones y dinámicas territoriales periurbanos del litoral mediterráneo español frente a los riesgos naturales. Análisis aplicado en la provincia de Málaga". *Ciudad y Territorio*, 54(211), 97-114. <https://doi.org/10.37230/CyTET.2022.211.6>
- García-Ruiz, José María; Nadal Romero, Estela; Lana Renault, Noemí; Beguería, Santiago.** 2013: "Erosion in Mediterranean landscapes: changes and future challenges". *Geomorphology*, (198), 20-36. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2013.05.023>
- Górgolas Marín, Pedro.** 2019: "Del «urbanismo expansivo» al «urbanismo regenerativo»: directrices y recomendaciones para reconducir la herencia territorial de la década prodigiosa del urbanismo español (1997-2007). Aplicación al caso de estudio del litoral andaluz". *Ciudad y Territorio Estudios territoriales*, 51(199), 81-100.
- Hamani, Monsef; Gracia, Francisco Javier; Benavente, Javier; Gómez, Juan Jesús.** 2016: "Estimación inicial de la producción hídrosedimentaria en la cuenca hidrográfica del Guadalete (Cádiz, España)", en Durán Valsero, Juan José; Montes Santiago, Manuel; Robador Moreno, Alejandro; Salazar Rincón, Ángel (Eds.), *Comprendiendo el relieve: del pasado al futuro. Actas de la XIV Reunión Nacional de Geomorfología. Málaga, 22-25 de junio de 2016*. Madrid (España), Instituto Geológico y Minero de España, 81-88.

- Hernández Ruiz, Mario.** 2008: *Guía metodológica para la elaboración de cartografías de riesgos naturales en España*. Madrid (España), Ilustre Colegio Oficial de Geólogos.
- Horton, Robert.** 1945: "Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approaches to quantitative morphology". *GSA Bulletin*, 56(3), 275-370. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1945\)56\[275:EDOSAT\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1945)56[275:EDOSAT]2.0.CO;2)
- ICONA. 1982: *Paisajes erosivos en el sureste español. Ensayo de metodología para el estudio de su cualificación y cuantificación*. Madrid (España), Proyecto Lucdeme.
- ICONA. 1995. *Proyecto LUCDEME*. Madrid (España), Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.
- Kirkby, Morgan; Chorley, Richard.** 1967: "Throughflow, overland flow and erosion". *Bulletin of the International Association of Scientific Hydrology*, (12), 5-21. <https://doi.org/10.1080/0262666709493533>
- Llasat Botija, María del Carmen.** 2020: "Inundaciones y cambio climático en el Mediterráneo", en López Ortiz, M^a Inmaculada; Melgarejo Moreno, Joaquín (Eds.), *Riesgo de inundación en España: análisis y soluciones para la generación de territorios resilientes*. Alicante (España), Universidad de Alicante, 127-142.
- López García, María José; Camarasa-Belmonte, Ana María; Mateu Bellés, Joan.** 2007: "Cambios en los usos del suelo y producción de escorrentía en ramblas mediterráneas: Carriaxet y Poyo (1956-1998)". *Boletín de la AGE*, (44), 69-94.
- Martínez Hernández, Carlos.** 2017: *El abandono de campos de cultivo en la región de Murcia. Causas y consecuencias medioambientales y socioeconómicas*, tesis doctoral, Universidad de Murcia, Murcia (España).
- Mateu, Joan.** 1990: "Avenidas y riesgos de inundación en los sistemas fluviales mediterráneos de la Península Ibérica". *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, (10), 45-86.
- Máyer Suarez, Pablo; Pérez-Chacón Espino, Enma; Romero Martín, Lidia.** 2006: "Lluvia e inundaciones en los centros turísticos de Gran Canaria: el caso de San Bartolomé de Tirajana". *Investigaciones Geográficas*, (41), 155-173. <https://doi.org/10.14198/INGEO2006.41.10>
- MedECC. 2019: *Risks associated to climate and environmental changes in the Mediterranean region. Preliminary assessment by the MedECC Network Science-policy interface*. MedECC, Sweden. <https://www.medecc.org/medecc-booklet-isk-associated-to-climate-and-environmental-changes-in-the-mediterranean-region/>
- Mérida Rodríguez, Matías; Perles Roselló, María Jesús; Blanco Sepúlveda, Rafael.** 1998: "Urbanización, infraestructuras y riesgos naturales en la periferia montañosa de la ciudad de Málaga. El caso del monte San Antón". *Baética*, 20, 129-157.
- Ministerio de Fomento. 1999: *Máximas lluvias diarias en la España peninsular*. Madrid (España), Secretaría de Estado de Infraestructuras y Transporte, Dirección general de carreteras.
- Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. 2008: *Programa de acción nacional contra la desertificación*. Madrid (España), Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.
- Morte, Alfredo Ramón; Navarro, José Tomás; García, Estelita.** 2019: "Objective assessment of land use in hydrographical studies". *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, (234), 41-51. <http://doi.org/10.2495/RBM190051>
- Olcina Cantos, Jorge.** 2008: "El Mediterráneo, región-riesgo: una visión desde España", en Alario Trigueros, Milagros (Coord.), *España y el Mediterráneo: una reflexión desde la geografía española. Aportación española al XXXI Congreso de la Unión Geográfica Internacional: Túnez*. Madrid (España), Ministerio de Fomento, Instituto Geográfico Nacional, 29-34.
- Olcina Cantos, Jorge; Oliva Cañizares, Antonio.** 2020: "Medidas estructurales versus cartografía de inundación en la valoración del riesgo en áreas urbanas: El caso del barranco de las Ovejas (Alicante, España)". *Cuadernos Geográficos*, 59(2), 199-220. <http://dx.doi.org/10.30827/cuadgeo.v59i2.10278>
- Olcina Cantos, Jorge; Rico Amorós, Antonio Manuel.** 2000: "Estudios sobre lluvias torrenciales e inundaciones en la provincia de Alicante (1982-1999)". *Serie Geográfica*, (9), 71-92.
- Perles Roselló, María Jesús.** 1997: *Medir la erosión: fragilidad erosiva en el valle del río Vélez*. Málaga (España), Centro de ediciones de la Diputación de Málaga.
- Perles Roselló, María Jesús.** 2020: "Territorial pattern and risk development. Contributions for a more efficient planning and management of high-risk territories", in Comité Español de la Unión Geográfica Internacional (Ed.), *Spain, bridge between continents. Spanish contribution to 34th International Geographical Congress. Istanbul 2020, vol. 2 (english version)*. Madrid (España), Centro Nacional de Información Geográfica, 95-121. <https://doi.org/10.7419/162.38.2020>
- Perles Roselló, María Jesús; Mérida Rodríguez, Matías.** 2010: "Patrón territorial y conformación del riesgo en espacios periurbanos. El caso de la periferia Este de la ciudad de Málaga". *Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*, 14.
- Ribas Palom, Anna María.** 2020: "Vulnerabilidad y adaptación a las inundaciones en espacios turísticos del litoral mediterráneo", en López Ortiz, M^a Inmaculada; Melgarejo Moreno, Joaquín (Eds.), *Riesgo de inundación en España: análisis y soluciones para la generación de territorios resilientes*. Alicante (España), Universidad de Alicante, 983-1000.
- Robredo Sánchez, José Carlos.** 1993: *Erosión*. E.T.S. Ingenieros de Montes. Universidad Politécnica de Madrid.

- Romeu Moreno, E; Segura Beltrán, Francesca. 2016: "Cambios en los usos del suelo y repercusiones sobre las inundaciones: el caso del Maresme", en García Marín, Ramón; Alonso Sarría, Francisco; Belmonte Serrato, Francisco; Moreno Muñoz, Daniel (Eds.), *Retos y tendencias de la Geografía Ibérica. Actas XV Coloquio Ibérico de Geografía. Murcia, España, 7-9 noviembre 2016*. Murcia (España), Asociación de Geógrafos Españoles, Associação Portuguesa de Geógrafos, Universidad de Murcia, 347-356.
- Rosselló Verger, Vicenç María. 1989: "Los llanos de inundación", en Gil Olcina, Antonio; Morales Gil, Alfredo (Eds.), *Avenidas fluviales e inundaciones en la cuenca del Mediterráneo*. Alicante (España), Instituto Universitario de Geografía, Universidad de Alicante, 243-283.
- Sánchez Martínez, Francisco Javier; Lastra Fernández, Javier (Coord.). 2011: *Guía metodológica para el desarrollo del sistema nacional de cartografía de zonas inundables*. Madrid (España), Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.
- Sanchís-Ibor, Carles; Segura-Beltrán, Francesca; Almonacid-Caballer, Jaime. 2017: "Channel forms recovery in an ephemeral river after gravel mining (Palancia River, Eastern Spain)". *Catena*, (158), 357-370. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2017.07.012>
- Sims, Neil; Newnham, Glenn; England, Jacqueline; Guerschman, Juan; Cox, Simon; Roxburgh, Stephen; Viscarra Ros-sel, Raphael; Fritz, Steffen; Wheeler, Ichsani. 2021: *Good Practice Guidance. SDG Indicator 15.3.1, Proportion of Land That Is Degraded Over Total Land Area*. Bonn (Germany), United Nations Convention to Combat Desertification.
- Témez, José Ramón. 1991: "Extended and improved Rational Method. Version of the Highways Administration of Spain". *Proceedings of the 24th IAHR World Congress. Madrid, 9-13 de septiembre de 1991*, vol. A. Madrid (España), 33-40.
- Wischmeier, Walter; Smith, Dwight. 1958: "Rainfall energy and its relationship to soil loss. Transactions". *American Geophysical Union*, (39), 285-291. <https://dx.doi.org/10.1029/TR039i002p00285>
- Wischmeier, Walter; Johnson, Douglas; Cross, Samuel. 1971: "A soil erodibility nomograph for farmland and construction sites". *Journal of soil and water conservation*, (26), 189-192.

Conflictos por el agua y el uso de agroquímicos en Salta y Santiago del Estero, Argentina: un análisis desde la ecología política

Conflicts over water and the use of agrochemicals in Salta and Santiago del Estero, Argentina: a political ecology analysis

Mariana Schmidt

Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)

Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina

marianaandreaschmidt@gmail.com

 ORCID: 0000-0003-4606-7692

Melina Tobías

Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)

Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina

melina.tobias@gmail.com

 ORCID: 0000-0002-7929-5395

Gabriela Merlinsky

Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)

Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina

gabriela.merlinsky@gmail.com


 ORCID: 0000-0001-9343-8658

Virginia Toledo López

Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)

Santiago del Estero, Argentina

vtoledolopez@gmail.com

 ORCID: 0000-0003-0901-8285

Información del artículo

Recibido: 01 diciembre 2020

Revisado: 27 mayo 2021

Aceptado: 21 febrero 2022

ISSN 2340-8472

ISSNe 2340-7743

DOI 10.17561/AT.21.5889

 CC-BY

© Universidad de Jaén (España).
Seminario Permanente Agua, Territorio y Medio Ambiente (CSIC)

RESUMEN

Este artículo explora las consecuencias del uso de agroquímicos en Salta y Santiago del Estero, provincias del norte argentino. Ofrece una caracterización crítica del rol de las autoridades competentes y las normativas, así como un abordaje de la conflictividad en torno a las consecuencias de las fumigaciones, con énfasis en la contaminación del agua y sus efectos en la salud. A partir del análisis de fuentes secundarias y de entrevistas, los principales hallazgos muestran que existen leyes específicas y cierta institucionalidad destinada a la conservación ambiental en general y de los recursos hídricos en particular, junto con normas que regulan el uso de agroquímicos. No obstante, existen conflictos que, con diverso grado de visibilidad e intensidad, problematizan los efectos sanitarios y ambientales en las escalas locales. La crítica situación sanitaria e hídrica regional se vuelve central, a través de renovados interrogantes que emergen desde una perspectiva de justicia hídrica.

PALABRAS CLAVE: Ecología política, Conflictos ambientales, Gran Chaco, Agroindustria, Justicia hídrica.

ABSTRACT

This article explores the consequences of the use of agrochemicals in Salta and Santiago del Estero, provinces located in the north-western of Argentina. This contribution offers a critical characterization of the role of competent authorities and regulations, and also realizes an approach to conflicts around spraying, focusing on water pollution and its health effects. The methodology combined the use of secondary sources and interviews. As main findings it shows that there are specific laws and a certain institutional framework regarding the environment conservation in general, and for water resources in particular, together with regulations to the use of agrochemicals. However, there are conflicts that, with varying degrees of visibility and intensity, problematize health and environmental effects at local scales. The critical health and water situation of the region becomes central, through renewed questions that arise from a water justice perspective.

KEYWORDS: Political ecology, Environmental conflicts, Gran Chaco, Agroindustry, Water justice.

Conflits sur l'eau et l'utilisation des produits agrochimiques à Salta et Santiago del Estero, Argentine: une analyse de l'écologie politique

RÉSUMÉ

L'article explore les conséquences de l'utilisation de produits agrochimiques à Salta et Santiago del Estero, provinces du nord de l'Argentine. Il propose une caractérisation du rôle des autorités et réglementations compétentes, ainsi qu'une approche du conflit autour des conséquences des fumigations, en mettant l'accent sur la contamination de l'eau et ses effets sur la santé. Sur la base de sources secondaires et d'entretiens avec différents acteurs, les résultats montrent qu'il existe des lois spécifiques et certaines institutions visant la conservation de l'environnement en général et des ressources en eau en particulier, ainsi que des normes qui réglementent l'utilisation des produits agrochimiques. Cependant, il existe des conflits qui problématisent les effets sur la santé et l'environnement à l'échelle locale. La situation sanitaire régionale critique et l'eau devient centrale, à travers des questions renouvelées qui émergent du point de vue de la justice de l'eau.

MOTS CLÉS: Écologie politique, Conflits environnementaux, Gran Chaco, Sgro-industrie, Justice de l'eau.

Conflitos pela água e uso de agroquímicos em Salta e Santiago del Estero, Argentina: uma análise da ecologia política

RESUMO

Este artigo explora as consequências do uso de agroquímicos em Salta e Santiago del Estero, províncias do norte da Argentina. Oferece uma caracterização do papel das autoridades competentes e normativas, bem como uma abordagem do conflito em torno das consequências das fumigações, com ênfase na contaminação da água e seus efeitos na saúde. Com base em fontes secundárias e entrevistas com diferentes atores, os resultados mostram que existem leis específicas e certas instituições voltadas para a conservação do meio ambiente em geral e dos recursos hídricos em particular, juntamente com regulamentos que regulamentam o uso de agroquímicos. No entanto, existem conflitos que, com diferentes graus de visibilidade, problematizam os efeitos sobre a saúde e o meio ambiente a nível local. A situação crítica regional de saúde e água torna-se central, por meio de novas questões que emergem de uma perspectiva de justiça da água.

PALAVRAS-CHAVE: Ecologia política, Conflitos ambientais, Gran Chaco, Agronegócio, Justiça da água.

Conflitti per l'acqua e l'uso di prodotti agrochimici a Salta e Santiago del Estero, Argentina: un'analisi dall'ecologia politica

SOMMARIO

Questo articolo esplora le conseguenze dell'uso di prodotti agrochimici a Salta e Santiago del Estero, province del nord dell'Argentina. Offre una caratterizzazione del ruolo delle autorità e dei regolamenti competenti, nonché un approccio al conflitto sulle conseguenze delle fumigazioni, con un'enfasi sulla contaminazione dell'acqua e sui suoi effetti sulla salute. Sulla base di fonti secondarie e interviste a diversi attori, i risultati mostrano che esistono leggi specifiche e alcune istituzioni finalizzate alla conservazione dell'ambiente in generale e delle risorse idriche in particolare, insieme a normative che regolano l'uso di prodotti agrochimici. Tuttavia, ci sono conflitti che, con diversi gradi di visibilità, problematizzano gli effetti sulla salute e sull'ambiente su scala locale. La situazione critica sanitaria e idrica regionale diventa centrale, attraverso rinnovate domande che emergono da una prospettiva di giustizia ambientale.

PAROLE CHIAVE: Ecologia politica, Conflitti ambientali, Gran Chaco, Agribusiness, Giustizia idrica.

Introducción y metodología

En Argentina, el avance del agronegocio desde finales del siglo XX se ha sustentado en el desplazamiento de cultivos tradicionales y actividades no agrícolas, el acaparamiento y concentración de tierras, el fortalecimiento del vínculo entre producción agropecuaria y centros financieros internacionales, la introducción de insumos y tecnologías desarrollados por multinacionales, y la producción para exportación. Todo esto ha traído como consecuencia la pérdida de soberanía alimentaria, migración hacia zonas urbanas y periurbanas, afectación de la biodiversidad y degradación de suelos, aire y agua. Por otra parte, se han intensificado las situaciones de violencia y desalojos, así como los riesgos sanitarios derivados del uso masivo de agroquímicos y la desarticulación de sistemas de vida campesinos e indígenas¹.

En este artículo, centramos la mirada en las provincias de Salta y Santiago del Estero, jurisdicciones emplazadas en la región del Gran Chaco, donde el avance de la frontera del agronegocio se intensificó a comienzos del siglo XXI². La conjunción entre avances tecnológicos y cultivos resistentes a suelos áridos, el bajo costo de las tierras y del desmonte y su potencial productividad agrícola, favorecido por un ciclo húmedo y por el alto precio de algunos *commodities*, hizo posible el corrimiento del límite de los cultivos de secano hacia estos territorios. Lo sucedido en ambas jurisdicciones cobra relevancia en virtud de la emergente conflictividad indígena/campesina y las crecientes consecuencias en la salud de un modelo de desarrollo celebrado por sectores empresarios y gubernamentales³.

Partimos de los aportes de la ecología política del agua, que invita a pensar en la dimensión de poder y conflicto inherente al uso, distribución y apropiación del agua, un recurso estratégico que los diversos actores se disputan para controlar material y discursivamente⁴. Este enfoque permite hacer énfasis no solo en la dimensión material del poder –quiénes son los ganadores y perdedores del acaparamiento, producción y/o circulación del recurso hídrico–, sino también en los sa-

beres, discursos y reglas que legitiman ciertas prácticas y manejos sobre el agua. De este modo habilita estudiar, desde una perspectiva histórica, la conformación de relaciones sociales y materiales que determinan escenarios de abundancia y escasez, configurando territorios desiguales en términos no solo de accesibilidad al recurso, sino también de su cantidad y calidad.

Nos proponemos explorar la emergencia de conflictos y/o controversias ligados a la distribución y la contaminación del agua por el uso de agroquímicos, prestando especial atención al modo en que dichos conflictos permiten plantear interrogantes en materia de justicia hídrica. Esto supone tener presente lo que Boelens, Cremers y Zwartveen denominan escalones de derechos, es decir, entender que las luchas por el agua no solo son por la distribución desigual del recurso hídrico, sino también por las normas, las autoridades y los discursos que justifican esta distribución⁵. Esto se torna de interés en provincias como Salta y Santiago del Estero, donde existen históricas desigualdades en el acceso al agua segura, tanto por la falta de redes de servicio como por la contaminación de las fuentes existentes, que se solapan con otras desigualdades sociales, económicas y espaciales preexistentes.

La hipótesis es que el auge del modelo de agronegocios y el incremento en el uso de agroquímicos afectan a las poblaciones en sus cuerpos y espacios de vida, y llevan a que los conflictos por acceso, uso, apropiación y/o gestión del agua cobren centralidad por ser un aspecto vital asociado a la subsistencia. Cabe aclarar que, en Argentina, el dominio de los recursos naturales recae en las provincias por mandato constitucional, pero se reservan al Estado nacional ciertas competencias para el establecimiento de normas ambientales, lo que ha resultado en públicos conflictos y controversias relativos a la utilización, apropiación y gestión de los bienes naturales⁶. En esa línea, las preguntas que orientan el trabajo son: ¿qué efectos tuvo el avance del agronegocio en las desigualdades por el acceso y contaminación del agua en zonas históricamente deficitarias y con problemas de calidad como las estudiadas? ¿Qué lugar juegan las normas y políticas públicas en la profundización de las desigualdades preexistentes? ¿De qué modo emergen los conflictos y/o controversias relativos a los impactos del uso de agrotóxicos en la contaminación de los recursos hídricos?

¹ Giarracca y Teubal, 2010. Gras y Hernández, 2013.

² El Gran Chaco Americano es la segunda área boscosa del continente, luego de la Amazonia. Ocupa una superficie aproximada de 110 millones ha e involucra territorios de Bolivia, Paraguay, Brasil y Argentina, donde abarca el 22 % de la superficie continental. SAYS, 2005.

³ Toledo López y Schmidt, 2019. Slutzky, 2005.

⁴ Merlinsky, Martín y Tobías, 2020. Bakker, 2013. Budds, 2004. Blanchon et Graefe, 2012. Boelens, Cremers y Zwartveen, 2011. Salamanca Villamizar y Astudillo Pizarro, 2017. Yacoub, Duarte y Boelens, 2017.

⁵ Boelens, Cremers y Zwartveen, 2011, 19.

⁶ Langbehn, Schmidt y Pereira, 2020.

La propuesta metodológica se centra en el análisis cualitativo de fuentes de información primarias (entrevistas con actores relevantes) y secundarias (documentos e informes técnicos de autoridades ambientales; informes y denuncias ante organismos públicos y/o policía; normativa y jurisprudencia; material estadístico y hemerográfico, entre las principales)⁷. A partir del material documental, hemos sistematizado las situaciones y/o eventos donde se evidencian conflictos y/o controversias relativos al uso, aplicación y/o almacenamiento de agroquímicos: un total de 105 casos (22 en Santiago del Estero y 83 en Salta) comprendidos en el periodo 2001-2018⁸.

Vale advertir que se trata de un relevamiento en proceso y constante actualización, que no abarca la totalidad de las situaciones existentes, sino aquellas a las que tuvimos acceso a través de la información disponible. Las conclusiones, por tanto, no pretenden ser exhaustivas ni representativas del universo de los conflictos y problemáticas ambientales y sanitarias. Sin embargo, su estudio nos permite avizorar ciertas tendencias de los casos provinciales en particular y de la conflictividad por el agua en la región y el país. Por último, señalamos ciertas limitaciones, centradas en la falta de acceso a fuentes de información pública que permitan recrear los problemas de salud que afrontan las poblaciones y la complejidad que a ello agrega la falta de articulación entre los organismos competentes en distintas escalas territoriales. Esto dificulta la reconstrucción de la capacidad real de regulación que existe a nivel nacional, provincial y municipal, y la trayectoria y acciones concretas de las instituciones ligadas a estos conflictos.

Los resultados se organizan del siguiente modo: primero, caracterizamos el avance del agronegocio y sus principales consecuencias en la región chaqueña. Luego, nos detenemos en la situación hídrica y sanitaria en las provincias de Santiago del Estero y Salta, prestando atención a las desigualdades estructurales en la distribución del agua. El siguiente acápite está destinado a la dimensión normativa e institucional, donde caracterizamos las regulaciones sobre ambiente, agua y uso de agroquímicos en ambas jurisdicciones, junto con los or-

ganismos y autoridades competentes. A continuación, exploramos la dimensión de la conflictividad a partir de los resultados del relevamiento de conflictos y/o controversias relativos al uso, aplicación y/o almacenamiento de agroquímicos, con énfasis en aquellos que involucran al recurso hídrico. Por último, proponemos una serie de reflexiones finales en materia de justicia hídrica que recuperan las dimensiones de análisis trabajadas.

Avance de la frontera del agronegocio en el norte argentino: de la deforestación a las fumigaciones con agrotóxicos

Hacia fines del siglo XX se consolidó el agronegocio en los países del Cono Sur (Brasil, Argentina, Paraguay, Uruguay y Bolivia), un modelo productivo sustentado en la utilización de semillas transgénicas y agroquímicos. En el agro argentino, el proceso adquirió impulso a partir de la autorización de la producción y comercialización del primer organismo vegetal genéticamente modificado tolerante al glifosato a mediados de la década de 1990 (al año 2022, son sesenta y cinco)⁹. La soja y el maíz (en su mayoría transgénicos) representan más del 60 % de las 39 millones de hectáreas (ha) sembradas a nivel nacional en la campaña 2018/19, lo que involucra un alto consumo de sustancias químicas en el proceso productivo¹⁰.

En Santiago del Estero y Salta, la superficie sembrada con soja presentó un fuerte incremento, especialmente desde inicios del siglo XXI (Gráfico 1). A pesar de los avances en las superficies implantadas, rendimientos por hectárea y exportaciones, las transformaciones agropecuarias recientes han repercutido negativamente en las condiciones de vida para la agricultura de pequeña escala, familiar y/o indígena, a través del aumento en los desalojos, las migraciones y las consecuencias ambientales y sanitarias.

El avance de la frontera del agronegocio fue en gran medida sustentado en un proceso de pérdida de superficie boscosa (Mapa 1). La sanción de la Ley Nacional 26.331/2007 de Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental de los Bosques Nativos, y de las leyes de Ordenamiento Territorial de Bosques Nativos salteña (Ley 7.543/2008) y santiagueña (Ley 6.942/2009) tampoco han logrado revertir la tendencia. Del total de bosques

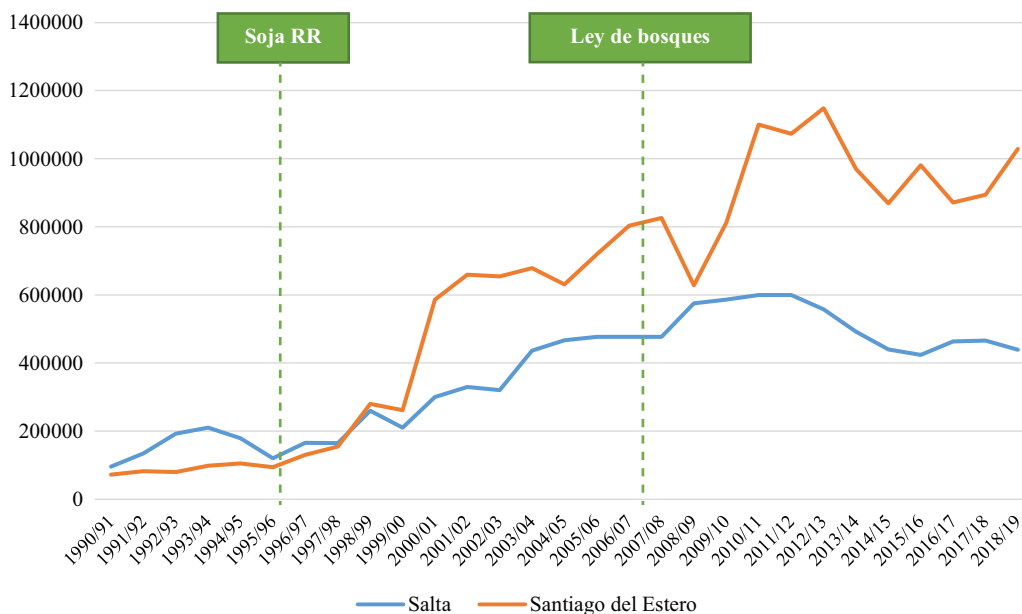
⁷ El artículo complejiza y actualiza las reflexiones de una investigación que analiza los conflictos y controversias en torno a los riesgos ambientales y sanitarios del uso de agrotóxicos en Santa Fe, Santiago del Estero y Salta. Schmidt et al., 2019.

⁸ Para el cálculo de porcentajes en el apartado correspondiente, el N total puede ser mayor a la cantidad de casos registrados (algunos de ellos refieren de modo simultáneo a más de una dimensión), y no se tienen en cuenta los casos "sin dato".

⁹ Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación, 2022.

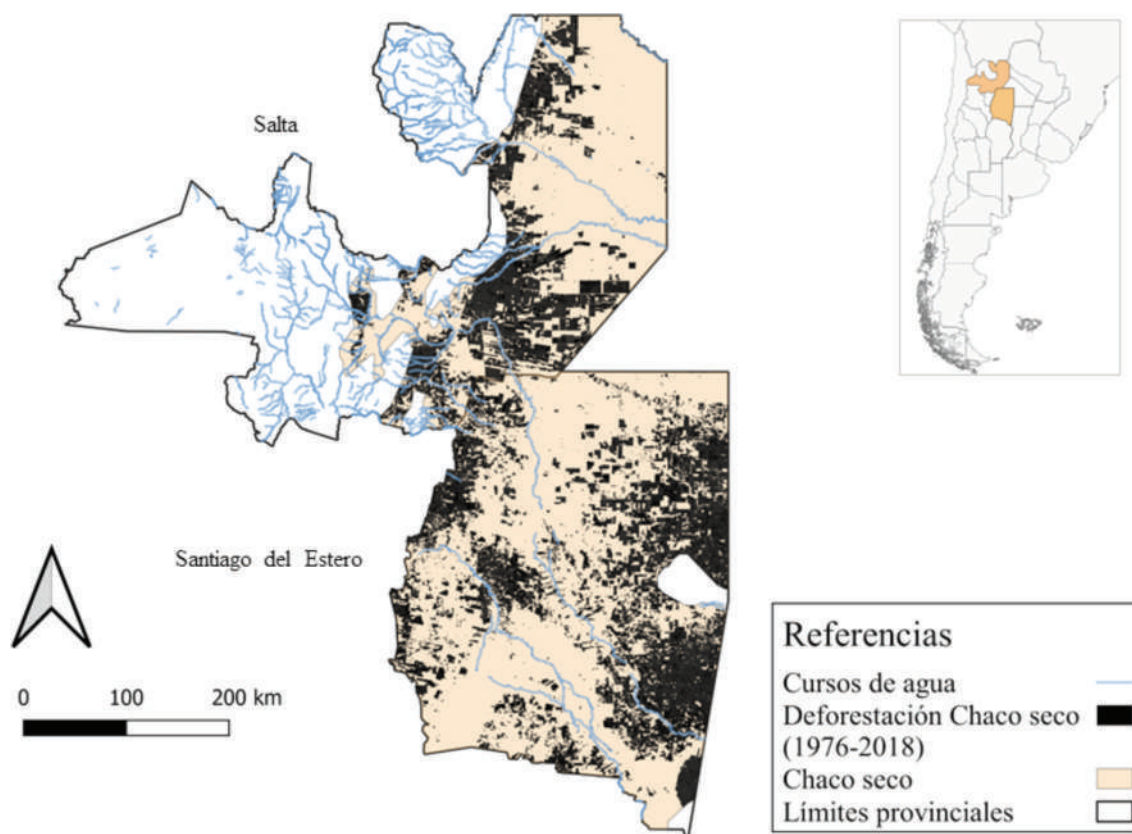
¹⁰ Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación, 2021.

Gráfico 1. Provincias de Salta y Santiago del Estero. Evolución de la superficie sembrada con soja (ha), campañas 1990/91 a 2018/19



Fuente: elaboración propia con base en Dirección de Estimaciones Agrícolas del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación.

Mapa 1. Área de estudio: principales cursos de agua y deforestación en el Chaco salteño y santiagueño (1976-2018)



Fuente: elaboración propia.

nativos deforestados entre los años 1998-2018 a nivel nacional (alrededor de 6.500.000 ha), un 43 % se perdió dentro del período de vigencia de la Ley de Bosques¹¹.

De modo paralelo al aumento en las superficies sembradas a nivel nacional, creció exponencialmente la cantidad de productos químicos aplicados. Si en la década de 1990 se usaban en el país alrededor de 30 millones de litros de agroquímicos por año, la cifra ha llegado a superar los 500 millones en las últimas campañas agrícolas¹². Cabe señalar que las condiciones climáticas (temperatura, humedad, velocidad del viento, entre otras) inciden en la determinación de volúmenes y frecuencia de las fumigaciones¹³. En provincias del norte argentino, esto se traduce en que la cantidad de agroquímicos aplicados por hectárea son más altas que en otras jurisdicciones (para el 2018, fue estimado un volumen promedio de casi 12 litros por habitante en el país, cifra que llega a duplicarse en provincias como las estudiadas).

Las investigaciones sobre la persistencia de agrotóxicos en el ambiente han demostrado que, suspendidos en el aire, los productos pueden volver a caer tras una precipitación o trasladarse a otras zonas; por exceso de precipitaciones o riego pueden trasladarse a cursos de agua superficial, o lixiviarse a través del perfil del suelo hacia aguas subterráneas. Los relevamientos a nivel nacional han detectado la presencia de agroquímicos en agua de lluvia en áreas urbanas y periurbanas, en aguas superficiales y suelos en zonas agrícolas, en la cuenca del río Paraguay-Paraná y en flora y fauna acuática¹⁴.

A nivel regional, se detectó glifosato y otros productos tóxicos en fuentes de agua para consumo humano y riego en diversas localidades de la provincia de Chaco, así como presencia de diversos productos tóxicos en aguas subterráneas, superficiales y tanques colectores de agua de lluvia en Santiago del Estero. Hay estudios que denuncian la inaccesibilidad a fuentes de agua y su contaminación por el escurrimiento desde los campos de cultivo en Salta, mientras que otras investigaciones han detectado malformaciones en anuros presentes en los principales departamentos fumigados¹⁵.

Por último, la contaminación del agua no solo se debe a causas antrópicas, sino que tiene asimismo causas naturales, dado que se trata de una región con alta presencia de arsénico¹⁶. Esto ha sido estudiado en Salta y Santiago del Estero, donde hay localidades que presentan concentraciones críticas de esta sustancia en el agua para consumo humano. Por otra parte, hay investigaciones recientes que constatan efectos sinérgicos entre el arsénico y el glifosato¹⁷.

La situación hídrica y sanitaria en la región chaqueña

Las provincias de Salta y Santiago del Estero albergan una gran diversidad étnica y lingüística, con presencia de comunidades indígenas y campesinas. También se cuentan entre las jurisdicciones con mayores porcentajes de población rural de Argentina (Gráfico 2), con departamentos en los que la amplia mayoría poblacional reside en espacios rurales y periurbanos¹⁸.

Las transformaciones productivas y territoriales enunciadas han conllevado a un deterioro en las condiciones de reproducción de la vida de las poblaciones rurales y de las periferias urbanas en las principales localidades del Chaco salteño y santiagueño. Las tierras se encuentran degradadas, son insuficientes en extensión y las poblaciones han quedado arrinconadas entre grandes extensiones cultivadas. El monte, una de las principales fuentes de recursos cotidianos para la recolección, caza, producción artesanal y provisión de leña, se encuentra cada vez más degradado.

Esto se ve retroalimentado por la histórica postergación y los obstáculos en el acceso al sistema de salud (en ambas jurisdicciones, cerca de la mitad de la población no cuenta con cobertura de salud: Santiago del Estero 55,9 % y Salta 47,6 %). La situación sanitaria asume entonces una realidad crítica, en provincias que presentan una gran proporción de hogares con al menos un indicador de Necesidad Básica Insatisfecha (NBI). Las cifras se incrementan a nivel departamental: 49,1 % en Rivadavia, 26 % en San Martín y 28,1 % en Anta para el

¹¹ Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2020. Vallejos et al., 2015.

¹² Naturaleza de Derechos, 2021.

¹³ Tomasoni, 2013.

¹⁴ Alonso, Demetrio, Etchegoyen & Marino, 2018. Aparicio y Costa, 2017. Aparicio et al., 2013. Etchegoyen et al., 2017. Paganelli et al., 2010. Ronco et al., 2016.

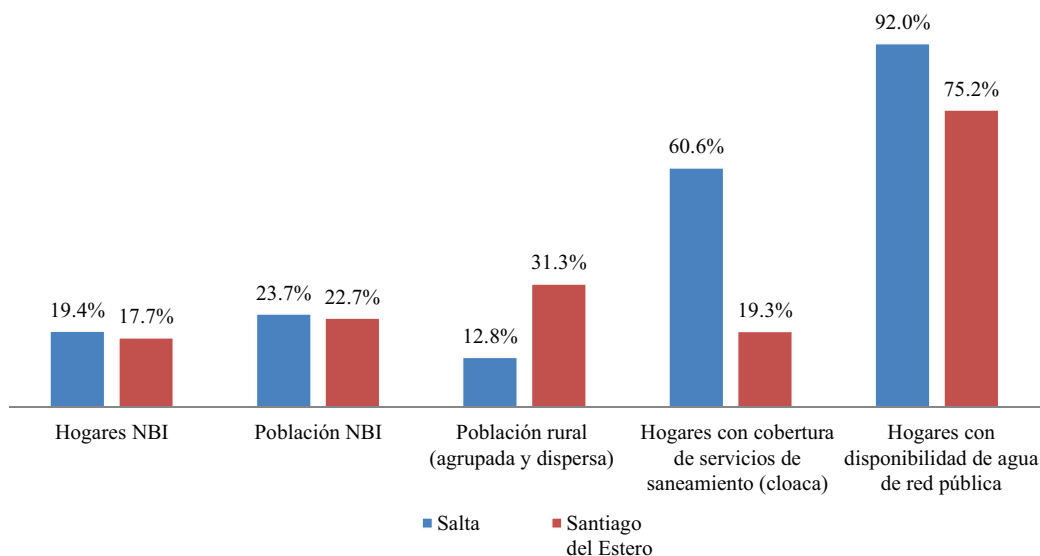
¹⁵ Bonilla Caballero, 2019. Curi, Peltzer, Attademo & Lajmanovich, 2021. García Mangione y Arroyo, 2012. Más, Aparicio, De Gerónimo & Costa, 2020. Montenegro, García y Mangione, 2015. Naharro y Álvarez, 2011. Trinelli et al., 2019.

¹⁶ Contaminante inorgánico de alta toxicidad presente en el agua, cuya exposición crónica ha sido asociada a múltiples patologías (conocidos como HACRE: hidroarsenicismo crónico regional endémico).

¹⁷ Lajmanovich et al., 2019. López, et al., 2018. Revelli, Sbodio y Costa, 2016.

¹⁸ La caracterización provincial y departamental se sustenta en los datos del Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas (CNPV) elaborado por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (2010).

Gráfico 2. Provincias de Salta y Santiago del Estero. Indicadores socio-sanitarios seleccionados (%). Año 2010



Fuente: elaboración propia en base al CNPhyV 2010.

caso salteño, 36,8 % en Figueroa y 28,3 % en Jiménez para el santiagueño¹⁹.

La falta de infraestructura sanitaria (su desigual distribución geográfica), la inadecuada cantidad de profesionales especialistas, el incumplimiento de objetivos sanitarios y la escasez de insumos hospitalarios son un dato estructural de la región. Las estadísticas revelan altos niveles de malnutrición por déficit, junto con la prevalencia sostenida de enfermedades como el dengue y de cuadros asociados a la realidad hídrica²⁰.

Los departamentos pertenecientes a la región chaqueña en ambas provincias presentan valores críticos en disponibilidad de agua de red pública y cobertura de servicios de saneamiento. Incluso en zonas urbanas, donde los hogares cuentan con la infraestructura, son recurrentes los cortes del suministro y las denuncias que apuntan a la mala calidad del agua domiciliaria²¹. La situación se agrava en zonas rurales, donde la baja densidad poblacional y su alta dispersión territorial dificulta la extensión de la cobertura de red.

En lo que respecta a condiciones de saneamiento, en Salta el promedio provincial presenta cifras más altas de cobertura que las jurisdicciones departamentales, las cuales presentan formas más deficientes de desagüe.

Los departamentos que presentan cifras más alarmantes son Rivadavia (que carece de cloacas), Anta (32,8 %) y San Martín (41,3 %). En el caso de Santiago del Estero, los datos disponibles exponen un déficit absoluto en la provisión de cloacas. En áreas predominantemente rurales, las formas de saneamiento más características son el pozo ciego, en algunos casos el uso de cámaras sépticas junto al pozo, y en otros solo un hoyo en la tierra. Existe también un porcentaje importante de población sin baño, una categoría que cobra cifras importantes en los departamentos de Pellegrini (18,2 %) y Figueroa (25,2 %).

Por su parte, las condiciones de accesibilidad al agua de red pública para las jurisdicciones departamentales en Salta también presentan valores inferiores al total provincial. Esto supone menor cobertura de red pública y mayor utilización de fuentes subterráneas de agua, que pueden presentar altos niveles de contaminación. En Santiago del Estero, la cobertura de red pública provincial no supera el 75,2 %, en tanto los departamentos alcanzan porcentajes menores (Jiménez 63,4 %; Rivadavia 43,07 % y Juan Ibarra 52,8 %), por lo que su población queda expuesta a formas regulares (perforación por bomba a motor o manual y/o pozo) y/o malas (fuentes y/o recipientes de acopio con contaminantes, provistas mediante transporte terrestre con camiones cisterna y/o con agua de lluvia, río, canal, arroyo o acequia).

En la región, el acaparamiento de tierras ha funcionado como un mecanismo de apropiación y exportación del agua dulce disponible. Los obstáculos en el acceso al agua segura se exacerban como resultado de las actividades

¹⁹ A nivel nacional, Salta se ubica como la segunda provincia en proporciones de NBI y Santiago del Estero ocupa el cuarto lugar.

²⁰ Los departamentos salteños de Rivadavia, San Martín y Orán se encuentran desde inicios de 2020 en Emergencia socio-sanitaria, en virtud de los casos de desnutrición y muertes de niños indígenas, en gran medida vinculados a la situación ambiental e hídrica regional.

²¹ El Tribuno, 2019. Página 12, 2020.

desplegadas por los emprendimientos productivos, que privan del recurso hídrico a las poblaciones mediante el cercamiento derivado de los alambrados de los campos, la expulsión y desalojo de sus espacios de vida. Estos procesos no solo se llevan adelante por medio del saqueo explícito y/o violento, sino a través de la adquisición del derecho sobre el uso de la tierra, que permite el control de otros bienes asociados, como el agua²².

A la falta de provisión de servicios básicos y al acaparamiento hídrico, se suma la degradación y contaminación de las fuentes de agua superficial y subterránea disponibles para consumo humano y/o doméstico, así como de los sedimentos, suelos de áreas de inundación y peces. Entre otras situaciones, esto se debe a la presencia de agrotóxicos provenientes de la producción agroindustrial.

Normativa e institucionalidad sobre ambiente, agua y fumigaciones

En Argentina, la Constitución Nacional (1994) prevé un esquema de competencias concurrentes entre nación y provincias en materia ambiental. En este marco, el Estado nacional ha dictado normas de presupuestos mínimos en materia de protección ambiental. Entre ellas, la ley 25.675/2002 (General de Ambiente) establece los principios rectores de la política ambiental nacional; la 25.688/2002 (de Preservación de las aguas, su aprovechamiento y uso racional) regula los límites de contaminación aceptables para las aguas de acuerdo a los distintos usos; y la 27.279/2016 (Gestión de los Envases Vacíos de Fitosanitarios), regula la disposición final de los envases pero no las distancias de uso y categorías de toxicidad de los productos²³.

Tanto Santiago del Estero como Salta poseen regulaciones específicas sobre agua, protección del ambiente y agroquímicos (Tabla 1). En primer lugar, cuentan con un Código de Aguas destinado a regular el uso, aprovechamiento y gestión de los recursos hídricos provinciales. También ambas jurisdicciones poseen normativa que regula la conservación del ambiente y la creación de áreas protegidas. Sancionadas hace más de dos décadas (cuando gran parte de las problemáticas ambientales antes reseñadas se encontraban en su fase inicial),

sugieren la preservación de los ríos subterráneos y superficiales, lagos y humedales, así como la creación de reservas hídricas naturales. En el caso de Santiago del Estero, establece la prohibición de volcamientos de efluentes contaminantes a los cuerpos superficiales y subterráneos de agua, al tiempo que habilitan a la Autoridad de Aplicación (AdA) a coordinar y colaborar con el área de salud para la realización de relevamiento de datos para detectar enfermedades producidas por los focos contaminantes del agua. En Salta, la Ley 7.107/2000 se propone conservar ecosistemas ambientes y hábitats, terrestres y/o acuáticos, así como proteger los ambientes que circundan las nacientes de los cursos de agua, garantizando su conservación a perpetuidad.

En materia de agroquímicos, la Ley 6.312/1996 (decreto reglamentario 38/2001) de Santiago del Estero rige el uso de plaguicidas y su correcta y racional utilización. La norma fue sancionada previamente a la liberalización de los organismos genéticamente modificados en Argentina, y la clasificación de los productos es anterior a la que se encuentra vigente²⁴. En Salta, la Ley de Protección del Ambiente del año 2000 ya fijaba capítulos específicos para los productos fitosanitarios, al regular las acciones y operaciones que implican su manejo. De modo específico, la Ley 7.812/2013 (decreto reglamentario 3.924/2015) fue sancionada con el objetivo de proteger la salud humana, regulando las acciones relacionadas con productos fitosanitarios para prevenir la contaminación del ambiente, los riesgos de intoxicación y preservar la inocuidad de los alimentos.

Las leyes presentan similitudes respecto a las distancias de fumigación permitidas: para los productos de las clases toxicológicas más peligrosas (A y B o Ia, Ib y II, según el caso), se prohíbe su aplicación aérea a una distancia inferior a 3.000 m de las zonas urbanas y suburbanas, mientras que la aplicación terrestre queda prohibida dentro del radio de los 500 m. En ambos casos, los decretos reglamentarios avalan el otorgamiento de excepciones a las recomendaciones de uso a solicitud de los sectores productivos (salvo cuando en las inmediaciones existan centros educativos, de salud, recreativos o habitacionales). En lo relativo al recurso hídrico, la ley salteña prohíbe la descarga, lavado y recarga de agua de equipos, aplicadores, herramientas,

²² Agüero et al., 2016.

²³ Existe un proyecto de Ley de Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental para la manipulación y aplicación de productos agroquímicos presentado en el Congreso Nacional en el año 2020, cuyo artículo 2 prohíbe la aplicación, manipulación y almacenamiento de agroquímicos en áreas de ríos, arroyos, lagunas, cursos, espejos, embalses, diques y pozos de agua.

²⁴ Según la clasificación de la Organización Mundial de la Salud adoptada en 2009, los plaguicidas son clasificados en base a su toxicidad aguda: extremadamente peligrosos (Ia, rojo), altamente peligrosos (Ib, rojo), moderadamente peligrosos (II, amarillo), ligeramente peligrosos (III, azul), y normalmente no ofrecen peligro bajo uso normal (IV, verde).

Tabla 1. Provincias de Santiago del Estero y Salta. Normativa y autoridades de aplicación jurisdiccionales en materia de ambiente, agua y agroquímicos

Ámbito	Santiago del Estero		Salta	
	Ley/año	Autoridad de aplicación	Ley/año	Autoridad de aplicación
Agua y Recursos hídricos	Ley 4869 Código de Aguas (1980), modificada por leyes 4939, 6573 y 7009	Ministerio de Agua y Medio Ambiente - Secretaría de Agua - Administración provincial de Recursos Hídricos	Ley 7.017 Código de Aguas (1998)	Ministerio de Producción, Trabajo y Desarrollo Sustentable - Secretaría de Recursos Hídricos
Ambiente y Áreas protegidas	Ley 5787 Protección áreas naturales (1990)	Servicio Provincial de Áreas Naturales - Dirección de Bosques y Fauna	Ley 7.107 Sistema Provincial de Áreas Protegidas (2000)	Ministerio de Producción, Trabajo y Desarrollo Sustentable - Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable
	Ley 6321 Normas generales y metodología de aplicación para la Defensa, Conservación y Mejoramiento del Ambiente y los Recursos Naturales (1996)	Ministerio de Agua y Medio Ambiente - Dirección General de Medio Ambiente	Ley 7.070 Protección del Medio Ambiente (2000)	Ministerio de Producción, Trabajo y Desarrollo Sustentable - Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable
Fumigaciones	Ley 6312 Agroquímicos (1996)	Ministerio de Producción, Recursos Naturales, Forestación y Tierras - Dirección General de Agricultura y Ganadería	Ley 7.812 Protección de la Salud Humana, Regulación, Fiscalización, Educación e Implementación de las BPA y BPM (2013)	Ministerio de Producción, Trabajo y Desarrollo Sustentable - Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable

Fuente: elaboración propia.

indumentarias y materiales utilizados para la aplicación de productos fitosanitarios en cursos o cuerpos de agua y canales de riego, mientras que en Santiago del Estero resulta llamativa la escasa referencia a los criterios para con los cursos de agua en el texto de la norma y su reglamentación. En esta última, entre las condiciones a cumplir para los locales destinados al depósito y almacenamiento de los agrotóxicos, se señala que estos establecimientos no deben conectarse a cursos de agua o canales que desagoten en cursos de agua.

De acuerdo a lo previsto en las normativas, las AdA jurisdiccionales recaen en organismos encargados de la política productiva y/o agropecuaria. Si bien en Salta la autoridad responsable es la cartera ambiental, en líneas generales se evidencia una intervención acotada por parte de los organismos nacionales y provinciales de salud y ambiente en las decisiones de política pública vinculadas a los agrotóxicos (en gran medida, relegadas al plano de las decisiones agroindustriales), así como también la falta de articulación entre los distintos organismos y dependencias²⁵.

En ambas jurisdicciones, aunque de modo incipiente, se ha avanzado en la elaboración de proyectos y/o en la sanción de normas municipales que establecen zonas de exclusión y regulan la utilización, gestión y transporte de agroquímicos en áreas cercanas a asentamientos poblacionales y/o establecimientos

educativos²⁶. En gran medida, como veremos en el próximo apartado, son ordenanzas nacidas al calor de los crecientes reclamos vecinales y de colectivos ambientales y/o sociales.

En suma, los avances en materia regulatoria e institucional no han tendido a limitar la actividad ligada al uso de agroquímicos, tampoco han incentivado la participación de áreas de ambiente y/o salud como autoridades competentes para su aplicación. Por el contrario, se han concentrado en la fijación de distancias, algo que descansa en la capacidad de las instituciones provinciales y municipales para hacer cumplir las normas existentes. Esto último tiene un alcance limitado, debido a la escasa dotación de recursos humanos y materiales. En este contexto, las demandas sociales sobre los efectos de las fumigaciones sobre su salud y ambiente han sido, en la mayoría de los casos, desatendidas.

La conflictividad en torno a las fumigaciones y la contaminación del agua

Al igual que en el ámbito regional²⁷, en Argentina se ha avanzado en la construcción de evidencias acerca

²⁵ Schmidt et al., 2019.

²⁶ En Salta: N° 3.400/2012 (Metán), N° 1.056/1999 y 1.298/2003 (Orán), N° 468/2008 y 300/2005 (General Mosconi), y N° 1.191/2006 (Tartagal). En Santiago del Estero: N° 01/2017 (Bandera) y N° 350/2018 (Selva).

²⁷ Benítez Leite et al. 2019. Mendonça Oliveira de Souza y Rodrigues Folgado, 2018.

de los impactos ambientales y sanitarios derivados del contacto directo o indirecto con los productos tóxicos utilizados por el agronegocio. A las investigaciones ya mencionadas que alertan sobre la persistencia de pesticidas en el aire, suelo y agua, se suman aquellas que en el ámbito de la salud humana han reportado su accionar como disruptores endocrinos²⁸ y causantes de daño del material genético²⁹, junto con el incremento de abortos espontáneos, malformaciones congénitas y enfermedades oncológicas³⁰.

En distintas provincias de la región pampeana, se han desplegado importantes procesos organizativos, se han generado alianzas entre actores legos y expertos y se han abierto procesos de construcción colectiva de los riesgos. A la vez, se ha incrementado el número de acciones legales y/o judiciales en pos de la prohibición de las fumigaciones³¹. En las jurisdicciones de la región chaqueña, estos conflictos comienzan a emerger en torno a la afectación a los cuerpos y los espacios de vida de las comunidades indígenas y campesinas, y a las crecientes afecciones a la salud en las periferias de las principales localidades³². No obstante, estas realidades sanitarias aún se encuentran en gran medida invisibilizadas y/o subsumidas tras conflictos de raigambre histórica, como el de la tierra y los desmontes.

Entre las situaciones que hemos relevado en las provincias de Santiago del Estero y Salta, la distribución departamental muestra que la mayor proporción de los casos se sitúan en las jurisdicciones que se corresponden con las zonas de expansión del agronegocio (Mapa 2).

Tomando en consideración la totalidad de los casos para ambas provincias, los principales afectados –esto es, aquellos actores humanos y no humanos, individuales y colectivos/institucionales referenciados como quienes soportan los efectos crónicos y/o agudos derivados del contacto directo e indirecto con agroquímicos– provienen de poblaciones campesinas y/o comunidades indígenas (41 %), asentadas tanto en zonas rurales como periurbanas. Las poblaciones urbanas de las localidades insertas en la trama agro-industrial regional también representan una gran pro-

porción (32 %), lo cual pone de relevancia que no solo son conflictos del ámbito rural, sino que cobran cada vez mayor presencia en las ciudades y áreas de interfase, donde se asienta la población más vulnerable, con menor acceso a servicios y/o expulsada por procesos migratorios.

Con respecto a los actores presentados como responsables de los daños, en ambas provincias se destacan, en primer lugar, los privados, con cerca de un 80 % (empresarios y/o productores agropecuarios, aplicadores, comerciantes y/o transportistas). No obstante, las responsabilidades también son depositadas en organismos municipales y/o provinciales, en virtud de su rol como AdA de las legislaciones existentes en materia ambiental, hídrica y de regulación del uso de agrotóxicos, y dada la falta de actividades de control, monitoreo y sanción. Por su parte, los repertorios de acción por medio de los cuales se han elevado demandas evidencian una diversidad de canales: judicialización, marchas y protestas, denuncias formales, entre otras. En Santiago del Estero y Salta, predominan las declaraciones y/o testimonios (46,7 %) ante medios periodísticos y las denuncias ante autoridades policiales y/o gubernamentales (30,8 %). Salvo excepciones, se trata de un asunto que aún no ha cobrado visibilidad más allá de las escalas locales ni se ha convertido en objeto de reclamos en el espacio público, en instancias judiciales y/o estatales³³.

Dado este escenario, nos preguntamos ¿de qué forma se expresa la conflictividad en torno al agua? En adelante, exploramos la emergencia de situaciones de conflictividad en las cuales la problemática de la contaminación y/o degradación del agua aparece como reveladora de las desigualdades e injusticias hídricas y sanitarias preexistentes.

Es destacable que aproximadamente un 40 % de los casos relevados se manifiestan como un problema de afectación de cuencas hídricas, contaminación de aguas y/o pozos. A través de la revisión de notas periodísticas, testimonios informales y denuncias, hemos encontrado que se hace referencia a la contaminación de aguas, ya sea para consumo humano y/o productivo, a la mortandad de fauna y/o flora acuática, y a afecciones a la salud derivadas de la exposición a aguas contaminadas. Los testimonios y denuncias apuntan a intoxicaciones agudas, accidentes y/o derrames en el manejo de productos, pero también a impactos crónicos derivados de las fumigaciones cotidianas sobre los cuer-

²⁸ Moya et al., 2015.

²⁹ Bernardia et al., 2015. Mañas et al., 2009. Simoniello, Kleinsorge y Carballo, 2010.

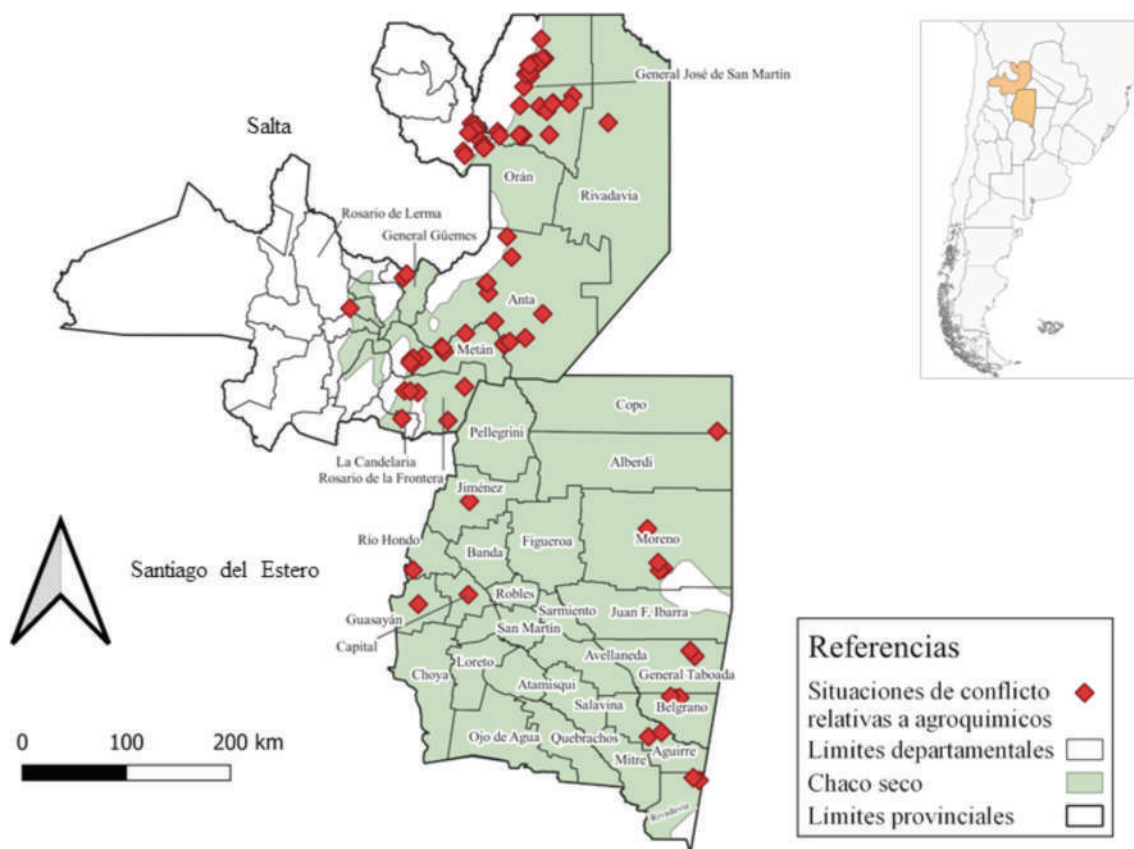
³⁰ Ávila-Vázquez et al., 2018. Ávila-Vázquez et al., 2018. Verzeñassi y Vallini, 2019.

³¹ Arancibia, Bocles, Massarini y Verzeñassi, 2018. Berger y Carrizo, 2019. Leguizamón, 2020. Skill y Grinberg, 2013. Souza Casadinho, 2018.

³² Lapegna, 2019. Ramírez et al., 2012. Sánchez, Echalar, Romero y Aparicio, 2012. Seveso, 2020. Toledo López et al., 2020.

³³ Las dos provincias cuentan con casos que han llegado a instancias judiciales. Página 12, 2011. Tiempo judicial, 2020.

Mapa 2. Conflictos por agroquímicos relevados para el periodo 2001-2018



Fuente: elaboración propia.

pos y territorios. En gran cantidad de situaciones, estos impactos sanitarios y ambientales remiten de modo simultáneo a aquello que hemos categorizado como malas prácticas, que incumplen la regulación vigente: fumigaciones realizadas en campos próximos a cursos de agua, viviendas y/o escuelas sin respetar las zonas de resguardo, las categorías de toxicidad permitidas o los horarios fijados en las normativas; almacenamiento y/o descarte de envases en áreas cercanas a cursos de agua, canales de riesgo y zonas habitadas; lavado de maquinaria en fuentes de agua, entre los principales³⁴.

A modo de ejemplo, para los pueblos originarios del municipio de Ballivián en Salta, un informe ha denunciado las condiciones de inaccesibilidad a las fuentes de agua cotidianas como consecuencia de los alambrados. Allí el agua disponible se encuentra contaminada con agroquímicos como resultado del escurrimiento desde los campos de cultivo fumigados, por lo que las comunidades dependen cada vez más de la provisión eventual por parte de las autoridades municipales³⁵. En el

año 2010, en una carta presentada por integrantes de la comunidad indígena Pozo Fuerte Corralito ante autoridades provinciales de ambiente y recursos hídricos, organismos nacionales de asuntos indígenas y derechos humanos, se denunciaba:

“Nos desmontaron todo y hoy estamos sufriendo por la pérdida de los recursos que siempre teníamos. No podemos ir para ningún lado, porque nos han encerrado entre los campos de soja. Ahora tenemos el problema de dos canales que traen el agua de estos campos y pasan por la comunidad con el veneno de la fumigación, que hizo el señor Tito Carlen [Juan José Karlen, empresario condenado por la justicia salteña en 2015 por desobedecer una clausura y seguir cultivando en un predio desmontado sin autorización] y nos están perjudicando, va a inundar la tierra que nos queda”³⁶.

Dos años más tarde, y en el marco de un proceso judicial iniciado en 2008 ante la Corte Suprema de Justicia de la Nación por la deforestación en los principales departamentos del Chaco salteño, integrantes de las co-

³⁴ COPENOA, 2008. El Liberal, 2012. Greenpeace, 2015. Plural noticias, 2017. Radio Nacional, 2021. Revista Cítrica, 2021. Salta entre líneas, 2016.

³⁵ Naharro y Álvarez, 2011.

³⁶ Comunidad Pozo Fuerte Corralito, 2010.

comunidades wichi de la misma zona (San José, Cuchuy, El Chorrillo de Corralito y Chaguaral) presentaban carta ante el gobernador de Salta y otros organismos nacionales y provinciales, en la que expresaban:

“Se nos pide que aceptemos más desmontes, mintiendo con que nos van a traer beneficios. Sabemos que eso no es así porque más de la mitad de nuestras tierras ya fueron desmontadas y solo nos trae problemas. Las fuentes de agua que usábamos ya no están y las que quedan están contaminadas con agroquímicos, hemos perdido muchos de los alimentos que nos ofrecía el bosque”³⁷.

En lo que refiere al acopio, acarreo y almacenamiento de agua, puede entrecruzarse el predominio en el uso de recipientes plásticos, que se degradan con las altas temperaturas. Estas situaciones se complejizan cuando el agua es contenida y acarreada en bidones que anteriormente contenían agroquímicos, descartados en las periferias de las fincas y/o que son vendidos a estas poblaciones en los centros urbanos³⁸. Al respecto, investigaciones en barrios periurbanos de ciudades del norte salteño han señalado cómo las condiciones sanitarias se interconectan con la falta de acceso al agua potable y la exposición a los agroquímicos: en Misión La Loma, se observó que la recolección y acopio de agua familiar era realizado utilizando bidones descartados por las empresas agropecuarias (dado que la bomba no estaba en funcionamiento y las instalaciones se encontraban deterioradas), ubicados al aire libre, sin protección y expuestos a condiciones externas³⁹.

El testimonio de un sacerdote de Pozo Hondo (departamento de Jiménez) permite visualizar la situación a la que están expuestas las comunidades campesinas de Santiago del Estero en lo relativo al acceso al agua y la exposición a los contaminantes:

“En algunas comunidades suele haber una perforación en un punto, con tanques elevados, que después a través de cañerías llegan a las casas. En otras comunidades, por ahí las más alejadas, donde no tienen este sistema de agua domiciliaria, muchos tienen aljibes para almacenar agua de lluvia, muchas familias tienen tarros, donde guardan el agua, muchas veces así a cielo abierto, donde tienen cerca los campos que se fumigan. Los que están cerca de los ríos en invierno cuando no llueve van a buscar agua de los ríos, y después sobre todo para los animales muchas familias tienen en el campo represas, juntan el

agua de lluvia y suelen tomar los animales, estas represas guardan agua a cielo abierto, también con el riesgo de envenenamiento del agua, después los animales toman esa agua, las familias que después tienen esos animales para comerlos, hay contagio, que tiene que ver con el agua”⁴⁰.

Ante la imposibilidad de tender redes y frente a las complejidades de las perforaciones (el agua de calidad se encuentra a grandes profundidades), una de las soluciones más consensuadas por parte de los actores gubernamentales y no gubernamentales para el acceso al agua se encuentra la construcción de techos colectores de lluvia. No obstante, también son objeto de debate y controversias: entre otras razones, por la posible presencia de agroquímicos en el agua de lluvia, tal como lo expresaba un/a integrante de otra organización de la zona:

“La falta de acceso al agua está asociada también a la falta de títulos de tierra, la regularización dominial. Entonces se veía como una alternativa de bajo costo el tema del acopio de agua de lluvia. Pero ahí sí es donde varias de las comunidades no lo quieren como una resolución porque claro, sobre todo con lo que son aplicaciones aéreas, y en la que no más o menos también, dicen que el agua tiene gusto después, que está contaminada. Ahí se vio que se complejiza la solución del tema del agua por todo lo que son las fumigaciones aéreas por lo menos. Y eso ha sido verbalizado por las propias comunidades wichi”⁴¹.

En este contexto, es importante resaltar que existen iniciativas locales en las que se aglutinan organizaciones territoriales, grupos vecinales afectados y equipos universitarios para lograr visibilizar el problema. Es el caso de Selva en Santiago del Estero (departamento Rivadavia), una ciudad ubicada en la cuenca baja del río Salí Dulce en un área de despliegue territorial de la agricultura industrial. En 2014, se inició un conflicto por el uso de agrotóxicos que dio lugar a un Proyecto de Ordenamiento Territorial promovido por diversas instituciones gubernamentales, universitarias y locales⁴². En este proceso se destaca la influencia de las movilizaciones contra las fumigaciones de pueblos vecinos de Santa Fe (Hersilia y Ceres) y Santiago del Estero (Quimilí y Bandera), que también lograron normativas regulatorias. Durante el proceso, se llevaron a cabo tomas de muestras de agua en

³⁷ Comunidades San José, Cuchuy, El Chorrillo de Corralito y Chaguaral, 2008.

³⁸ El Tribuno, 2020. Página 12, 2021.

³⁹ Suárez, 2016, 189.

⁴⁰ Entrevista realizada en marzo de 2021, desgrabación en poder de las autoras.

⁴¹ Entrevista realizada en abril de 2021, desgrabación en poder de las autoras.

⁴² Ceirano et al., 2017.

diferentes puntos: un aljibe en la zona rural rodeado de cultivos agrícolas; una represa ubicada en un campo donde predomina la actividad ganadera; un pozo de 10 m de profundidad ubicado en la ciudad desde donde se extraía el agua cruda para potabilizarla con un sistema de ósmosis inversa; y un acueducto del que extrae agua la planta potabilizadora que distribuye el agua corriente. Los resultados constataron una elevada concentración de metabolitos AMPA y ATZ-OH (productos residuales del glifosato y la atrazina, respectivamente) en el aljibe y la represa, así como también presencia de 2,4-D, producto cuyo uso ha sido prohibido por reglamento provincial⁴³. En noviembre de 2018, se propició la construcción colectiva de un proyecto de ordenanza municipal que fijaba 1.500 m de exclusión total de fumigaciones terrestres y prohibía las fumigaciones aéreas en un radio de 3.000 m desde la última vivienda. En marzo de 2019, desde el municipio se manifestó la intención de sancionar una normativa, pero modificó la distancia de la zona de exclusión a 200 m (Ordenanza 370/2019). Desde entonces, el conflicto se vio intensificado con la conformación de un colectivo social: Vecinos/as autoconvocados/as de Selva, movilizados en torno a la demanda de 1.500 m libres de agrotóxicos⁴⁴.

A partir de lo expuesto, hemos mostrado cómo las provincias de Santiago del Estero y Salta en su región chaqueña se configuran como un territorio en el cual la conflictividad ambiental en torno al acceso, uso y gestión de bienes naturales como los bosques y el agua cobra cada vez mayor centralidad, tanto por su eliminación y/o degradación como por su contaminación debido al uso creciente de agrotóxicos. Las situaciones reseñadas nos demuestran que, ante el avance de las fronteras extractivas, la estructural falta de agua potable y/o las precarias modalidades para su acceso se convierten en nuevas fuentes de injusticias y desigualdades para las poblaciones urbanas y rurales. En el caso de la población originaria y campesina, los riesgos ambientales y sanitarios aparecen de modo indisolublemente ligado a otro problema de gran profundidad histórica: la cuestión del acceso y tenencia de la tierra, por lo que los conflictos por el uso de agroquímicos no pueden desvincularse de los conflictos territoriales por desalojos, cercamientos y falta de acceso a los recursos naturales en cantidad y calidad suficiente para la salud individual y comunitaria.

Conclusiones

En este trabajo, nos propusimos retomar los aportes de la ecología política, la conflictividad ambiental y la justicia hídrica para analizar la problemática y conflictividad en torno a las fumigaciones en los cursos de agua de las provincias de Salta y Santiago del Estero. Anticipamos que una lectura integral de la justicia hídrica supone no solo prestar atención a la concentración y distribución inequitativa del agua, sino también a los otros escalones de derechos que legitiman dicha distribución, como son las reglas, autoridades y los discursos⁴⁵. A continuación, resumimos algunos de los puntos explorados en el artículo en torno a estas dimensiones y planteamos una serie de reflexiones finales.

En términos distributivos, el avance del agronegocio en Argentina ha dado lugar a conflictos y controversias sobre los modos de uso, apropiación y distribución de los bienes comunes. En estos procesos se ponen de manifiesto las injusticias ambientales, hídricas y sanitarias que afrontan las comunidades del norte chaqueño, que a su vez se ensamblan sobre procesos de subalternización de estos territorios y poblaciones. El progresivo acaparamiento del recurso hídrico tiene lugar a la par de los procesos de cercamiento y expulsión de las poblaciones locales, quienes enfrentan mayores dificultades para acceder al agua en cantidad y calidad suficientes. Las históricas desigualdades se superponen y/o retroalimentan con problemas de acceso a los recursos e infraestructuras, agravados en las últimas décadas a partir del avance de las fronteras extractivas.

Con respecto al contenido de las reglas, la revisión normativa nos ha permitido reconstruir la trama legal que, a nivel nacional, provincial y/o municipal regula la conservación del ambiente, la protección de los recursos hídricos y la utilización de los agrotóxicos. No obstante, la progresiva emergencia y visibilización de situaciones de conflicto demuestra que en gran medida las legislaciones y la política en materia ambiental encuentran difícil cumplimiento y bajos niveles de monitoreo y control. Ante esto, los actores locales se apropian del repertorio legal existente, interponen demandas judiciales y crean nuevas propuestas normativas para el cuidado de sus espacios de vida y sus cuerpos afectados, lo cual constituye un modo de contrabalancear la falta de información y respuesta por parte de las autoridades.

⁴³ García Battán et al., 2018.

⁴⁴ Toledo López et al., 2020. Ceres diario, 2019a.

⁴⁵ Boelens, Cremers y Zwartveen, 2011.

En lo que refiere a los actores que participan en la toma de decisiones, la experiencia de investigación indica que los modos de uso, gestión y usufructo de los bienes naturales siguen los dictados del modelo de desarrollo extractivo y sin participación de las comunidades afectadas, de quienes se desconocen sus saberes y prácticas productivas y reproductivas. Las poblaciones afectadas (indígenas y campesinas en particular, pero no solamente) cuentan con escasos canales de acceso a los dispositivos de participación para el diseño, implementación, gestión y evaluación de las políticas e intervenciones ambientales y/o territoriales que los afectan directa e indirectamente. Así también, son complejas las vías de acceso a la justicia cuando los colectivos organizados buscan denunciar las afecciones al ambiente y la salud individual y colectiva.

A partir de lo señalado, se abre un interrogante referido al consenso o articulación necesarios en las escalas provinciales y/o locales para definir e implementar las normas, así como también para ejercer el poder de policía. Gran parte de las tareas de control y monitoreo recaen en los ámbitos municipales, que –por lo general– presentan serias dificultades en términos de capacidades institucionales y de recursos financieros, lo que limita su capacidad de intervención. En ese sentido, los poderes locales se manejan con grados de discrecionalidad y esto implica una alta conflictividad en las escalas locales. Esto se complejiza ya que con frecuencia se evidencian conflictos de intereses entre la función pública y la actividad privada de autoridades provinciales y/o municipales (en muchos casos, dueños de campos, productores o empresarios vinculados a la actividad agrícola). El caso reseñado sobre la ordenanza municipal en Selva es ilustrativo, cuando el voto ponderado del presidente del órgano legislativo, con intereses económicos en la actividad objeto de discusión (tanto en el agro como en la venta de insumos), resultó definitorio de la aprobación de una normativa menos restrictiva en cuanto a las distancias de resguardo, en relación a la propuesta construida participativamente y debatida en el marco de un proceso de ordenamiento territorial⁴⁶.

Por último, los discursos que han legitimado y justificado la apropiación y distribución heterogénea de los recursos hídricos chaqueños se condensan en valoraciones antagónicas: el agua como bien económico estratégico para los procesos de acumulación agroindustrial regional (cuya degradación y contaminación no se contempla entre los costos ambientales y sociales), versus el agua

como bien común, central para la producción y reproducción de la vida humana y no humana. Esto permite entrever cómo la emergencia de nuevos discursos y prácticas ponen en cuestión los relatos hegemónicos sobre el agua y cómo en las distintas escalas la resonancia de esos debates es diversa. Del mismo modo, nos interroga respecto de su potencialidad para la emergencia de procesos de resistencia y el fortalecimiento de las dimensiones creativas de estas violencias e injusticias cotidianas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agencia de Noticias del Norte Argentino (COPENOA) 2008: *SALTA: Fumigaciones sobre campos de soja envenenan comunidades aborígenes*. <http://copenoa.com.ar/SALTA-Fumigaciones-sobre-campos-de.html>. Consulta realizada el 12 de enero de 2022.
- Agüero, J.L.; Salas Barboza, A.; Venencia, C.; Müller, M. y Seghezzo, L. 2016: "Grandes transacciones de tierras como mecanismo de apropiación y exportación de agua en la región del Chaco salteño", *ASADES*, 20, 37-48.
- Alonso, L.; Demetrio, P.; Etchegoyen, A. & Marino, D. 2018: "Glyphosate and atrazine in rainfall and soils in agroproductive areas of the pampas region in Argentina", *Science of the Total Environment*, 645, 89-96. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.07.134>
- Aparicio, V.; De Gerónimo, E.; Marino, D.; Primost, J.; Carrquiriborde, P. & Costa J.L. 2013: "Environmental fate of glyphosate and aminomethylphosphonic acid in surface waters and soil of agricultural basins", *Chemosphere*, 93 (9), 1866-1873. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2013.06.041>
- Arancibia, F.; Bocles, I.; Massarini, A. y Verzeñassi, D. 2018: "Tensiones entre los saberes académicos y los movimientos sociales en las problemáticas ambientales", *Metatheoria*, 8(2), 105-123.
- Ávila-Vázquez, M.; Difilippo, F.; Mac Lean, B.; Maturano, E. & Etchegoyen, A. 2018: "Environmental exposure to glyphosate and reproductive health impacts in agricultural population of Argentina", *Journal of Environmental Protection*, 9(3), 241-253. <https://doi.org/10.4236/jep.2018.93016>
- Ávila-Vázquez, M.; Maturano, E.; Etchegoyen, A.; Difilippo, F. y Mac Lean, B. 2018: "Asociación entre cáncer y exposición ambiental a glifosato", *Revista del colegio de Médicos de la 1ra Circunscripción*, 11(3), 10-16.
- Benítez Leite, S.; Franco de Diana, D.; Segovia Abreu, J.; Availos, D.; Almada Denis, M.; Coronel Ovelar, C.; Samaniego Royg, M.J.; Thielmann Arbo, B. & Corvalan, R. 2019: "DNA damage induced by exposure to pesticides in children of rural areas in Paraguay". *Indian J Med Res*, 150, 290-296.

⁴⁶ Ceres diario, 2019b.

- Berger, M. y Carrizo, C.** 2019: *Afectados ambientales: aportes conceptuales y prácticos para la lucha por el reconocimiento y garantía de derechos*. Córdoba (Argentina), Ed. Ciencia y Democracia.
- Bernardia, N.; Gentile, N.; Mañas, F.; Méndez, A.; Gorla, N. y Aiassa, D.** 2015: "Evaluación del nivel de daño en el material genético de niños de la provincia de Córdoba expuestos a plaguicidas", *Archivos Argentinos de Pediatría*, 113(2), 126-132. <http://dx.doi.org/10.5546/aap.2015.126>
- Boelens, R.; Cremers, L. y Zwarteveen, M.** 2011: "Justicia Hídrica: acumulación de agua, conflictos y acción de la sociedad civil", en *Justicia hídrica: acumulación, conflicto y acción social*. Lima (Perú), IEP-Fondo Editorial PUCP-Justicia Hídrica, 13-22.
- Bakker, K.** 2003: "A political ecology of water privatization", *Studies in Political Economy*, 70, 35-58. <https://doi.org/10.1080/07078552.2003.11827129>
- Blanchon, D. et Graefe, O.** 2012: "La radical political ecology de l'eau à Khartoum. Une approche théorique au-delà de l'étude de cas", *L'Espace géographique*, 41, 35-50.
- Bonilla Caballero, Y.** 2019: *Evaluación de la disponibilidad y calidad del agua en poblaciones rurales del Chaco y Santiago del Estero, Argentina*. Tesis de Maestría en Gestión del Agua, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad de Buenos Aires - Fundación Aguas (Felipe Lobert).
- Budds, J.** 2004: "Power, Nature and Neoliberalism: The Political Ecology of Water in Chile", *Journal of Tropical Geography*, 25(3), 322-342. <http://dx.doi.org/10.1111/j.0129-7619.2004.00189.x>
- Ceirano V.; Lorenz, G.; Chazarreta, N.; Continelli, N.; García Battán, J.; Gerlero, G.; Godoy-Garraza, G.; Izzo, M. y Ríos, C.** 2017: "Diagnóstico participativo para el ordenamiento territorial urbano-rural, Selva, Santiago del Estero", en *III Jornadas Nacionales de Ecología Política*. San Juan (Argentina), Ed. UNSJ.
- Ceres diario.** 2019a: *Autoconvocados de Selva piden limitar a 1500 metros las fumigaciones. El ejecutivo propone 200*. <http://ceresdiario.com/home/autoconvocados-de-selva-piden-limitar-a-1500-metros-las-fumigaciones-el-ejecutivo-propone-200/>. Consulta realizada el 12 de enero de 2022.
- Ceres diario** 2019b: *Selva: indignación: solo aprobaron 200 metros libres de fumigación*. <http://ceresdiario.com/home/selva-indignacion-solo-aprobaron-200-metros-libres-de-fumigacion/>. Consulta realizada el 12 de enero de 2022.
- Comunidad Pozo Fuerte Corralito. 2010: *Carta presentada ante autoridades provinciales y organismos nacionales*. Mimeo.
- Comunidades San José, Cuchuy, El Chorrito de Corralito y Chaguaral. 2008: *Carta presentada ante el gobernador de Salta y otros organismos nacionales y provinciales*. Mimeo.
- Curi, L.; Peltzer, P.; Attademo, M. & Lajmanovich, R.** 2021: "Alterations in Gonads and Liver Tissue in Two Neotropical Anuran Species Commonly Occurring in Rice Fields Crops", *Water, Air & Soil Pollution*, 232. <https://doi.org/10.1007/s11270-021-05164-6>
- El Liberal. 2012: *Concejal afirma que productores lavan máquinas con agroquímicos en el Salado*. <https://www.elliberal.com.ar/noticia/26927/concejal-afirma-productores-lavan-maquinas-agroquimicos-salado>. Consulta realizada el 12 de enero de 2022.
- El Tribuno. 2020: *Vendían 300 bidones de glifosato vacíos a wichis*. <https://www.tribuno.com/salta/nota/2020-4-1-0-0-0-vendian-300-bidones-de-glifosato-vacios-a-wichis>. Consulta realizada el 12 de enero de 2022.
- El Tribuno. 2019: *El colmo: la justicia le ordenó a Aguas del Norte proveer agua*. <https://www.tribuno.com/salta/nota/2019-11-9-0-0-0-el-colmo-la-justicia-le-ordeno-a-aguas-del-norte-proveer-agua>. Consulta realizada el 12 de enero de 2022.
- Etchegoyen, M.; Ronco, A.; Almada, P.; Abelando, M. & Marino, D.** 2017: "Occurrence and fate of pesticides in the Argentine stretch of the Paraguay-Paraná basin", *Environmental Monitoring and Assessment*, 189, 63. <https://doi.org/10.1007/s10661-017-5773-1>
- García, G.; Mangione, S. y Arroyo J.** 2012: "Malformaciones axiales en larvas de anuros de cultivos de soja y su relación con la prevalencia de metacercarias", en *XIII Congreso Argentino de Herpetología*. Mar del Plata (Argentina).
- García Battán, J.; Izzo, M.; Ceirano, V.; Lorenz, G.; Chazarreta, N.; Continelli, N.; Gerlero, G.; Godoy-Garraza, G. y Ríos, C.** 2018: "Agroquímicos, un problema global con solución territorial", *Quipu Forestal*, 4, 12-3.
- Giarracca, N. y Teubal, M.** 2010: "Disputas por los territorios y recursos naturales: el modelo extractivo", *ALASRU*, 5, 113-133.
- Gras, C. y Hernández, V.** (Coords.) 2013: *El agro como negocio. Producción, sociedad y territorios en la globalización*. Buenos Aires (Argentina), Biblos.
- Greenpeace. 2015: *Santiago del Estero: Denuncian derrame de agroquímicos por las inundaciones*. <https://www.greenpeace.org/archive-argentina/es/noticias/Santiago-del-Estero-Denuncian-derrame-de-agroquimicos-por-las-inundaciones/>. Consulta realizada el 12 de enero de 2022.
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. 2010: *Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2010*. <https://www.indec.gov.ar/indec/web/Nivel4-Tema-2-41-135>. Consulta realizada el 27 de mayo de 2021.
- Lajmanovich, R.; Peltzer, P.; Attademo, A.; Martinuzzi, C.; Simoniello, M.F.; Colussi, C.; Cuzziol Boccioni, A. & Sigrist, M.** 2019: "First evaluation of novel potential synergistic effects of glyphosate and arsenic mixture on *Rhinella arenarum* (Anura: Bufonidae) tadpoles", *Heliyon*, 5(10) e02601. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e02601>
- Langbehn, L.; Schmidt, M. y Pereira, P.** 2020: "Presupuestos mínimos de protección ambiental en Argentina. Una comparación entre los procesos de las leyes de bosques nativos, glaciares y humedales". *Revista Administración Pública y Sociedad*, 10, 207-230.

- Lapegna, P.** 2019: *La Argentina transgénica. De la resistencia a la adaptación, una etnografía de las poblaciones campesinas*. Buenos Aires (Argentina), Siglo XXI.
- Leguizamón, A.** 2020: *Seeds of Power. Environmental Injustice and Genetically Modified Soybeans in Argentina*. Durham (UK), Duke UP.
- Linton, J.** 2010: *What is water?: the history of a modern abstraction*. British Columbia (Canadá), UBC Press.
- López, E.; Belmonte, S.; García, M.; Sarmiento, N. y Franco, J.** 2018: "Accesibilidad al agua para consumo humano en la provincia de Salta-Argentina. Diseño de un indicador en entorno SIG", *Revista Nodo*, 12(24), 32-45.
- Mas, L.; Aparicio, V.; De Geronimo, E. & Costa J. L.** 2020: "Pesticides in water sources from the East of Santiago del Estero, Argentina", *SN Applied Sciences*, 2, 691. <https://doi.org/10.1007/s42452-020-2513-x>
- Mañas, F.; Peralta, L.; Gorla, N.; Bosh, B. y Aiassa, D.** 2009: "Aberraciones Cromosómicas en Trabajadores Rurales de la Provincia de Córdoba Expuestos a Plaguicidas", *Journal of Basic & Applied Genetics*, 20(1), 9-13.
- Mendonça Oliveira de Souza, M. y Rodrigues Folgado, C.** (orgs). 2018: *Agrotóxicos e agroecología: enfrentamentos científicos, jurídicos, políticos e socioambientais*. Anapolis-Go (Brasil), Ed. UEG.
- Merlinsky, G., Martin, F. y Tobías, M.** 2020: "Hacia la conformación de una Ecología Política del Agua en América Latina. Enfoques y agendas de investigación", *Quid* 16, 13, 1-11.
- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación – MAGyP. 2022: *OGM vegetal: Eventos con autorización comercial*. <https://www.argentina.gob.ar/agricultura/alimentos-y-bioeconomia/ogm-comerciales>. Consulta realizada el 12 de enero de 2022.
- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación - MAGyP. 2021: *Estimaciones Agrícolas*. <http://datosestimaciones.magyp.gob.ar/>. Consulta realizada el 27 de mayo de 2021.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible - MAyDS. 2020: *Causas e impactos de la deforestación de los bosques nativos de Argentina y propuestas de desarrollo alternativas*. <https://www.argentina.gob.ar/ambiente/bosques/desmotes-y-alternativas>. Consulta realizada el 15 de septiembre de 2020.
- Montenegro, R.; García, G. y Mangione, S.** 2015: "Patologías tegumentarias en anuros de una zona agrícola del sureste de Salta", en *XVI Congreso Argentino de Herpetología*. San Miguel de Tucumán (Argentina).
- Naharro, N. y Álvarez, A.** 2011: *ESTUDIO DE CASO Acaparamiento de Tierras y Producción de Soja en Territorio Wichí, Salta – Argentina*. <http://redaf.org.ar/wp-content/uploads/2011/12/Estudio-de-Caso-Produccion-de-soja-en-territorio-Wichi-Salta.pdf> Consulta realizada el 15 de septiembre de 2020.
- Naturaleza de derechos. 2021: *El modelo sojero argentino. 25 años de un modelo de agricultura extractivo, contaminante, de exterminio, sequia, enfermedad y desigualdad. 1996-2021*. https://drive.google.com/file/d/15wVN0-kPd2_6SypWduFS2WxXH12gHr1J/view?fbclid=IwAR1a4TKH307ANvHOQcTlkO5gGLcClv2YGMm0gQN0HDEg8FSuxsdGX9icykw. Consulta realizada el 5 de enero de 2022.
- Moya, A.; Kronberg, F.; Clavijo, A.; Mazzarella, D.; Pagano, E. y Munarri, E.** 2015: "Plaguicidas disruptores endócrinos, uso del nematodo *Caenorhabditis Elegans* como modelo biológico", *Revista Senasa*, 7, 80-89.
- Paganelli, A.; Gnazzo, V.; Acosta, H.; López, S. & Carrasco, A.** 2010: "Glyphosate-based herbicides produce teratogenic effects on vertebrates by impairing retinoic acid signaling", *Chemical Research in Toxicology*, 23(10), 1586-1595. <https://doi.org/10.1021/tx1001749>
- Página 12. 2021: *Los bidones de agrotóxicos siguen como recipientes de agua entre familias originarias*. <https://www.pagina12.com.ar/326585-los-bidones-de-agrotoxicos-siguen-como-recipientes-de-agua-e>. Consulta realizada el 12 de enero de 2022.
- Página 12. 2020: *Vecinos de Metán cortaron la ruta pidiendo agua segura*. <https://www.pagina12.com.ar/247496-vecinos-de-metan-cortaron-la-ruta-pidiendo-agua-segura>. Consulta realizada el 12 de enero de 2022.
- Página 12. 2011: *La prioridad son el ambiente y la salud*. <https://www.pagina12.com.ar/diario/sociedad/3-181247-2011-11-15.html>. Consulta realizada el 12 de enero de 2022.
- Plural noticias. 2017: *Santiago del Estero: denuncian fumigaciones aéreas en poblaciones rurales y urbanas*. <https://pluralnoticias.ar/santiago-del-estero-denuncian-fumigaciones-aereas-en-poblaciones-rurales-y-urbanas/>. Consulta realizada el 12 de enero de 2022.
- Radio Nacional. 2021: *A 5 meses de denunciada empresa sigue con bidones sobre un río*. <https://www.radionacional.com.ar/a-5-meses-de-denunciada-empresa-sigue-con-bidones-sobre-un-rio/>
- Ramírez, M.; Belingheri, B.; Nícoli, M.B.; Seveso, M.C.; Ramírez, L. y Garcete, M.** 2012: *Relación entre el uso de agroquímicos y el estado sanitario de la población en localidades de los Departamentos Bermejo, Independencia y Tapenagá de la Provincia del Chaco*. http://redaf.org.ar/wp-content/uploads/2014/05/agroquimicos_salud_informechaco_minsalud.pdf. Consulta realizada el 23 de octubre de 2020.
- Revelli, G.; Sbodio, O. y Costa, G.** 2016: "Estudio epidemiológico de arsénico en agua subterránea para consumo humano en el territorio del Cluster Lechero Regional, Argentina", *Acta Toxicológica Argentina*, 24(2), 105-115.

- Revista Cítrica. 2021: *Un basural de agrotóxicos oculto en Salta*. <https://revistacitrica.com/un-basural-de-agrotoxicos-oculto-en-salta.html>. Consulta realizada el 12 de enero de 2022.
- Ronco, A.; Marino, D.; Abelando, M.; Almada, P. & Apartin, C.** 2016: "Water quality of the main tributaries of the Paraná Basin: glyphosate and AMPA in surface water and bottom sediments", *Environmental Monitoring and Assessment*, 188(8), 458. <https://doi.org/10.1007/s10661-016-5467-0>
- Salamanca Villamizar C. y Astudillo Pizarro F.** (Comps.) 2017: *Recursos, vínculos, territorios. Inflexiones transversales en torno al agua*. Rosario (Argentina), UNR Editora.
- Salta entre líneas.** 2016: *Hay personas siendo envenenadas a costa de las ganancias de las empresas*. <http://www.saltaentrelas.com/hay-personas-siendo-envenenadas-a-costa-de-las-ganancias-de-las-empresas/>. Consulta realizada el 12 de enero de 2022.
- Sánchez, D.; Echalar, R.; Romero, G. y Aparicio, S.** 2012: "Relación de pesos al nacer con la procedencia de la madre en localidades con uso intensivo de agroquímicos", *Revista de Salud Pública*, XVI(3), 21-26.
- Schmidt, M.; Grinberg, E.; Langbehn, L.; Álvarez, A.; Pereyra, H.; Toledo López, V.; Tobías, M.; García Battán, J.; Merlinsky, G. y Ceirano, V.** 2019: *Riesgos e impactos socio-sanitarios de las fumigaciones con agroquímicos en las provincias de Salta, Santiago del Estero y Santa Fe*. Informe final presentado a la Convocatoria a Becas de Investigación SALUD INVESTIGA "Dr. Abraam Sonis" 2018. https://redaf.org.ar/wp-content/uploads/downloads/2021/06/Schmidt-et-al-Riesgos-e-impactos-socio-sanitarios-agroquimicos-en-Salta-Santiago-del-estero-y-Santa-Fe_informe_final_em_2018.pdf. Consulta realizada el 12 de enero de 2022.
- Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación – SAyDS. 2005: *Primer Inventario Nacional de Bosques Nativos. Informe nacional*. https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/primer_inventario_nacional_informe_nacional_1.pdf. Consulta realizada el 23 de octubre de 2020.
- Seveso, M.C.** 2020: *Resistiendo al modelo agrobiotecnológico. Para evitar la complicidad de las víctimas*. Rosario (Argentina), CB Ediciones.
- Simoniello, M.F.; Kleinsorge, E. y Carballo, M.** 2010: "Evaluación bioquímica de trabajadores rurales expuestos a pesticidas", *Medicina (Buenos Aires)*, 70, 489-498.
- Skill, K. y Grinberg, E.** 2013: "Controversias sociotécnicas en torno a las fumigaciones con glifosato en Argentina. Una mirada desde la construcción social del riesgo", en Merlinsky, G. (Comp.): *Cartografías del conflicto ambiental en Argentina*. Buenos Aires (Argentina), Ciccus, 91-117.
- Slutzky, D.** 2005: "Los conflictos por la tierra en un área de expansión agropecuaria del NOA. La situación de los pequeños productores y los pueblos originarios", *Revista Interdisciplinaria de Estudios Agrarios*, 23, 59-100.
- Souza Casadinho, J.** 2018: "Los conflictos ambientales en torno a las pulverizaciones con agrotóxicos, actores, luchas y logros alcanzados", en Suárez, F. y Ruggiero, C.: *Los conflictos ambientales en América Latina I*. Los Polvorines (Argentina), Ed. UNGS, 353-386.
- Suárez, M.E.** 2016: "Tramas y tensiones en el tratamiento de la diarrea infantil en el norte de la provincia de Salta. Prácticas sanitarias y estrategias de atención", en Hirsch, S. y Lorenzetti, M. (Eds.): *Salud pública y pueblos indígenas en la Argentina: Encuentros, tensiones e interculturalidad*. San Martín (Argentina), UNSAM EDITA, 183-206.
- Tiempo judicial. 2020: *Duerme en Tribunales la causa más relevante sobre el uso de agroquímicos*. <http://tiempojudicial.com/2020/11/15/duerme-en-tribunales-la-causa-mas-relevante-sobre-el-uso-de-agroquimicos/>. Consulta realizada el 12 de enero de 2022.
- Toledo López, V. y Schmidt, M.** 2019: "Agronegocio en Salta y Santiago del Estero ¿desarrollo para quiénes?", en Ataíde, S. y Rodríguez Faraldo, M. (Comps.): *Repensando el Desarrollo Rural en los Territorios del Norte Argentino*. Salta (Argentina), Ed. UNSa, 251-280.
- Toledo López, V.; Schmidt, M.; Langbehn, L.; Pereyra, H.; García Battán, J. y Ceirano, V.** 2020: "Riesgos e impactos socio-sanitarios de las fumigaciones con agroquímicos. Un estudio de caso en Selva, Santiago del Estero", *Revista Argentina de Salud Pública*, 12.
- Tomasoni M.** 2013: *No hay fumigación controlable: generación de derivas de plaguicidas*. <https://es.scribd.com/document/384646692/NO-hay-fumigacion-controlable-Generacion-de-derivas-de-plaguicidas-pdf>. Consulta realizada el 15 de septiembre de 2020.
- Trinelli, M.A.; Do Campo, M.; Lombardi, V.; Alaimes, J.; Trupa, N.; Lelli, D.; Cruz, M.; Mallou, F.; González, M.P.; El Kassisse, Y.; Rodríguez, A.; Rodríguez, A.; Casullo, M.; Romero, E.; Hanela, S.; Moundiroff, I. y Rosi, P.** 2019: "Estudio interdisciplinario sobre la calidad del agua para consumo y la contaminación por agrotóxicos en La Tígra y Avia Terai, provincia de Chaco", en *X Jornadas de Sociología*. Los Polvorines (Argentina), UNGS.
- Vallejos, M.; Volante, J.; Mosciaro, J.M.; Vale, L.; Bustamante, M.L. & Paruelo, J.** 2015: "Transformation dynamics of the natural cover in the Dry Chaco ecoregion: A plot level geodatabase from 1976 to 2012", *Journal of Arid Environments*, 123, 3-11. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2014.11.009>

Verzeñassi, D. y Vallini, A. 2019: *Transformaciones en los modos de enfermar y morir en la región agroindustrial de Argentina*. Rosario (Argentina), InSSa-UNR.

Yacoub, C.; Duarte, B. y Boelens, R. (Eds.) 2017: *Agua y ecología política: El extractivismo en la agroexportación, la minería y las hidroeléctricas en Latinoamérica*. Quito (Ecuador), Abya-Yala, Justicia Hídrica.

Os serviços ecossistêmicos dos recursos hídricos da Bacia Amazônica como Bens Públicos Globais

Los servicios ecosistémicos de los recursos hídricos de la cuenca Amazónica como Bienes Públicos Globales

Monica Cardozo

Universidad de Monterrey

Nuevo León, México

monica.cardozo@udem.edu

 ORCID: 0000-0002-8709-3099

Marcelo Bentes Diniz

Universidade Federal do Pará

Guamá, Brasil

mbdiniz2007@gmail.com

 ORCID: 0000-0001-7484-9451

Claudio Fabian Szlafsztein

Universidade Federal do Pará

Guamá, Brasil

cszlafsztein@hotmail.com

 ORCID: 0000-0002-2855-2056

Información del artículo

Recibido: 16 junio 2020

Revisado: 24 febrero 2021

Aceptado: 21 febrero 2022

ISSN 2340-8472

ISSNe 2340-7743

DOI 10.17561/AT.21.5609

 CC-BY

© Universidad de Jaén (España).
Seminario Permanente Agua, Territorio y Medio Ambiente (CSIC)

RESUMO

Neste artigo analisa-se os serviços ecossistêmicos dos recursos hídricos da Bacia Amazônica (provisão de água, processamento de resíduos, regulação de clima e ciclo de nutrientes), conforme o escopo teórico de bens públicos globais, identificando a extensão espacial dos benefícios ecossistêmicos e seus beneficiários. Quatro grupos de beneficiários foram encontrados: os países parceiros comerciais do Brasil que usam a desembocadura do rio Amazonas; os países da América do Sul que recebem umidade da Bacia Amazônica através dos “rios aéreos”; o oceano Atlântico, devido às contribuições de sedimentos e matéria orgânica da “Pluma Amazônica”; e os países que integram a Bacia Amazônica que usam os recursos hídricos para consumo direto ou para produzir bens e serviços. Devido à extensão espacial dos benefícios dos serviços ecossistêmicos estudados, a Bacia Amazônica deve ser entendida como um Global Natural Common.

PALAVRAS-CHAVE: Bacia Amazônica, Recursos hídricos, Serviços ecossistêmicos, Benefícios ecossistêmicos, Global Natural Commons.

RESUMEN

Este artículo analiza los servicios ecosistémicos de los recursos hídricos de la cuenca Amazónica (provisión de agua, procesamiento de residuos, regulación del clima, ciclo de nutrientes) conforme el alcance teórico de bienes públicos globales, identificando la extensión espacial de los beneficios ecosistémicos y sus beneficiarios. Cuatro grupos de beneficiarios fueron identificados: Los países socios comerciales de Brasil que usan la desembocadura del río Amazonas, los países de Suramérica que reciben humedad de los “ríos aéreos” provenientes de la cuenca Amazónica; el Océano Atlántico debido a las contribuciones de sedimentos y materia orgánica de la “Pluma Amazónica”, y los países que integran la cuenca Amazónica que usan los recursos hídricos para consumo directo o para producir bienes y servicios. Debido a la extensión espacial de los beneficios de los servicios ecosistémicos estudiados, la Cuenca Amazónica debe ser entendida como un Global Natural Common.

PALABRAS CLAVES: Cuenca Amazónica, Recursos hídricos, Servicios ecossistémicos, Benefícios ecossistémicos, Global Natural Commons.

Amazon Basin water resources ecosystem services on the approach of Global Public Goods

ABSTRACT

This article analyzes the ecosystem services of water resources in the Amazon basin (water supply, waste processing, climate regulation, nutrient cycle) according to the theoretical scope of global public goods, identifying the spatial extent of ecosystem benefits and their beneficiaries. Four groups of beneficiaries were found: Brazil's trading partner countries that use the mouth of the Amazon River, the South American countries that receive moisture from the Amazon basin through "aerial rivers", the Atlantic Ocean due to the contributions of sediments and organic matter from the "Amazon Plume" and the countries that integrate the Amazon basin that use water resources for direct consumption or to produce goods and services. Due to spatial dimension of benefits from ecosystem services studied, the Amazon Basin, must be understood as Global Natural Common.

KEYWORDS: Amazon basin, Water resources, Ecosystem services, Ecosystem benefits, Global Natural Commons.

Les services écosystémiques des ressources hydriques du bassin amazonien comme Biens Publics à l'échelle mondiale

RÉSUMÉ

Cet article analyse les services écosystémiques des ressources hydriques du bassin amazonien (approvisionnement d'eau, traitement de déchets, régulation du climat, cycle des nutriments). Ceci en accord avec l'approche théorique de biens publics à l'échelle mondiale et identifiant l'extension spatiale des bénéfices écosystémiques ainsi que ses bénéficiaires. Il existe quatre groupes de bénéficiaires identifiés: les pays en partenariat commercial avec le Brésil qui se servent de l'embouchure du fleuve Amazone ; les pays de l'Amérique du Sud qui reçoivent de l'humidité du bassin amazonien à travers ses "rivières volantes"; l'océan Atlantique, dû aux sédiments et matières organiques apportés par l'Amazonie ; et les pays intégrant le bassin amazonique, qui utilisent les ressources hydriques pour leur consommation directe ou encore pour produire de biens et de services. En raison de l'extension spatiale des bénéfices des services écosystémiques nommés ci-dessus, le bassin amazonique doit être considéré comme faisant partie Global Natural Common.

MOTS CLÉS: Bassin amazonien, Ressources hydriques, Services écosystémiques, Bénéfices écosystémiques, Patrimoine mondial des ressources naturelles.

Servizi ecosistemici delle risorse idriche del bacino amazzonico come Beni Pubblici Globali

SOMMARIO

Il presente articolo analizza i servizi ecosistemici delle risorse idriche del bacino amazzonico (approvvigionamento d'acqua, trattamento dei rifiuti, regolazione del clima, ciclo dei nutrienti) secondo la teoria dei beni comuni mondiali. Si identifica anche l'estensione spaziale dei benefici ecosistemici e i loro beneficiari. Quattro gruppi di beneficiari sono stati identificati: i paesi "partner commerciali" del Brasile che si servono della foce del Rio delle Amazzoni; i paesi dell'America del Sud che ricevono l'umidità del bacino amazzonico attraverso i fiumi volanti; l'oceano Atlantico (grazie ai contributi di sedimenti e di materia organica dell'Amazzonia); e finalmente i paesi membri del bacino amazzonico che utilizzano le sue risorse idriche sia per il loro consumo diretto sia per produrre beni e servizi. A causa della sua estensione spaziale e dei benefici ecosistemici studiati, il bacino amazzonico dovrebbe essere considerato come parte delle Global Natural Common.

PAROLE CHIAVE: Bacino amazzonico, Risorse idriche, Servizi ecosistemici benefici ecosistemici, Ricchezze naturali comuni.

Introdução

Os serviços ecossistêmicos são estruturas, processos ou funções dos ecossistemas utilizados pelos seres humanos de maneira direta ou indireta¹. Os benefícios ecossistêmicos resultam geralmente do aproveitamento dos serviços ecossistêmicos com outras formas de capital e exercem efeitos diretos no bem-estar humano. Um ecossistema pode gerar múltiplos serviços ecossistêmicos, e um serviço ecossistêmico pode gerar vários benefícios ecossistêmicos. Essas condições posicionam os recursos naturais como *Joint Productions*².

Sobre essa abordagem, os recursos hídricos também são exemplos de *Joint Productions*. Um mesmo corpo d'água pode oferecer vários serviços ecossistêmicos: provisão de água e de recursos pesqueiros, processamento de resíduos, ciclo de nutrientes etc.³. Por sua vez, a provisão de água, junto com outras formas de capital, origina vários benefícios ecossistêmicos: água tratada para consumo humano, água para irrigação, transporte de carga e passageiros e hidroeletricidade⁴.

Os ecossistemas contribuem para o sustento da vida humana e na organização da sociedade, portanto, são considerados dentro do escopo teórico de bens públicos⁵. Um bem público está disponível para todos os indivíduos, sem que estes tenham que realizar algum tipo de pagamento ou estar submetidos a algum outro elemento restritivo⁶. Se o bem público atinge a todos os indivíduos de um país, considera-se como um bem público nacional, analogamente no contexto regional ou no global.

Os recursos hídricos constituem uma fonte importante de serviços ecossistêmicos. Nesse sentido, destaca-se a Bacia Amazônica como objeto deste estudo. Em uma escala global, os rios possuem uma descarga anual de água doce de 45,5 km³/segundo, sendo o rio Amazonas aquele que contribui com a maior parcela (16 %)⁷. Ele é o rio mais extenso do Planeta, com mais de 7.000 km desde suas nascentes na cordilheira dos Andes até sua desembocadura no oceano Atlântico. A rede de drenagem formada pelo rio Amazonas e por seus tributários compõe a Bacia Amazônica, a de maior superfície do mundo⁸, distribuída no Brasil (63,88 % da sua área

total), na Colômbia (16,14 %), na Bolívia (15,61 %), no Equador (2,31 %), na Guiana (1,35 %), no Peru (0,60 %) e na Venezuela (0,11 %)⁹ (Figura 1). Essa bacia contém a maior biodiversidade de água doce da Terra, especialmente de peixes (2.257 espécies que representam, aproximadamente, 15 % da totalidade descrita em água doce)¹⁰.

No Brasil, a população na área coberta pela Bacia Amazônica é, aproximadamente, de 28 milhões de habitantes, com maior concentração em áreas urbanas localizadas nas margens fluviais¹¹. A área da Bacia Amazônica no Brasil é denominada para fins administrativos como Região Hidrográfica Amazônica (RHA)¹² e está integrada pelos estados do Acre, Amapá, Amazonas, Rondônia, Roraima e grande extensão do Pará e Mato Grosso.

Frente à condição de concorrência no uso dos abundantes recursos naturais¹³ e, em particular, da água para sustentar o crescimento econômico global¹⁴, a conservação e a preservação da Bacia Amazônica configuram-se como temas importantes em debates mundiais. As políticas governamentais e as diversas pressões socioeconômicas têm dificultado, pelo menos parcialmente, a manutenção e a melhoria das estratégias e ações de conservação das áreas da Bacia Amazônica e, conseqüentemente, isso tem se tornado um desafio crescente para a sociedade civil e para os governos no Brasil e no mundo¹⁵. Os desequilíbrios ecossistêmicos derivados dos usos insustentáveis dos recursos da Bacia Amazônica (decorrentes, por exemplo, de desmatamento e/ou queimadas) têm gerado alterações no desempenho dos ciclos hidrológicos e no acesso à água doce, porém, o alcance destas externalidades¹⁶ não se restringe aos limites territoriais da bacia¹⁷.

No presente artigo analisa-se a potencialidade dos recursos hídricos da Bacia Amazônica considerando-se

⁹ Ministério do Meio Ambiente Brasil, 2006.

¹⁰ Oberdorff et al., 2019.

¹¹ Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2015.

¹² A partir de metodologia elaborada pelo engenheiro brasileiro Otto Pfafstetter (Codificação de Bacias Hidrográficas), o Conselho Nacional de Recursos Hídricos-CNRH determinou os limites geográficos das bacias hidrográficas brasileiras (Resolução CNRH nº 30 de 2002), que mais tarde para fins de gerenciamento dos recursos hídricos no âmbito da Política Nacional de Recursos Hídricos e do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos foi estabelecida uma divisão hidrográfica nacional, assumindo, portanto, uma finalidade administrativa (Resolução CNRH nº 32, 2003)

¹³ Sauer, 2018.

¹⁴ Bordalo, 2017.

¹⁵ Anderson et al., 2019. Eisemberg et al., 2019. Pereira et al., 2019. Fisher et al., 2020. Keles et al., 2020.

¹⁶ Nesse contexto, refere-se à variação do bem-estar decorrente dos benefícios gerados pelos serviços ecossistêmicos da RHA. Ver Markandya et al., 2002.

¹⁷ Sumila et al., 2017. Ruiz-Vásquez et al., 2020.

¹ De Groot; Wilson & Boumans, 2002. Boyd & Banzhaf, 2007.

² Fisher, Turner & Morling, 2009.

³ Mendoza, 2018.

⁴ Young & Loomis, 2005.

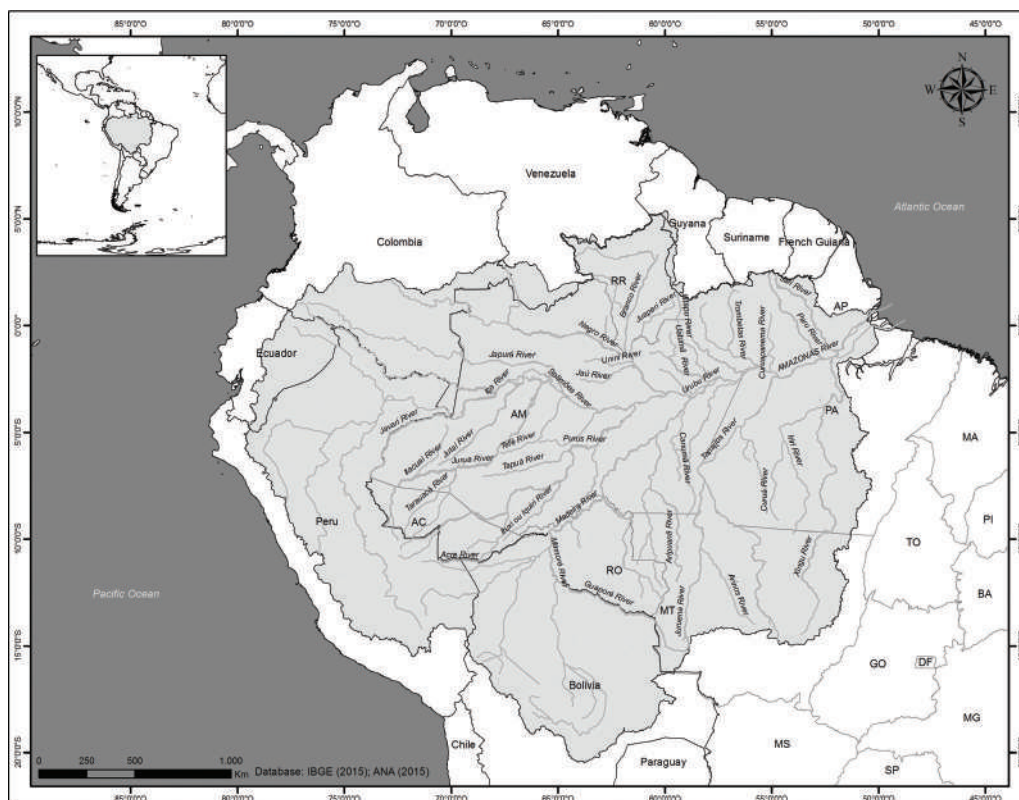
⁵ Fisher, Turner & Morling, 2009.

⁶ Kolstad, 2000. Kahn, 2004. Kaul, 2005.

⁷ Oki & Kanae, 2006.

⁸ World Resources Institute (WRI), 2005.

Figura 1. Bacia Amazônica



Fonte: Agência Nacional de Águas (ANA), 2015.

sua natural vocação ao bem público global, tomando em conta a abrangência social, geracional e espacial que tais benefícios alcançam. Com base na classificação da *Millennium Ecosystem Assessment* (MA)¹⁸, os serviços a serem verificados são a provisão de água, o processamento de resíduos, a regulação do clima e o ciclo de nutrientes.

Além desta introdução, o artigo encontra-se dividido em mais quatro seções. A seção dois relaciona os serviços ecossistêmicos no escopo teórico de bens e serviços públicos. A seção três descreve os serviços ecossistêmicos dos recursos hídricos da Bacia Amazônica. A quarta seção descreve a extensão dos benefícios ecossistêmicos da Bacia Amazônica. A última seção apresenta as considerações finais do artigo.

Serviços ecossistêmicos no escopo teórico de bens e serviços públicos

O escopo teórico de bens públicos aborda duas características: a não rivalidade e a não exclusividade de um bem. A não rivalidade acontece quando o consumo

de um bem por um agente não diminui o montante disponível a outro agente em termos físicos; isso significa que existe indivisibilidade nos benefícios¹⁹. A não exclusividade é realizável quando não existem mecanismos restritivos, para que todos os agentes, simultaneamente, possam usufruir dos benefícios decorrentes de seu consumo²⁰. Um bem que possua essas duas características é um bem público puro, como, por exemplo, a paz mundial, a luz do sol etc. O oposto a um bem público puro é um bem excludente e rival (um bem privado), sendo exemplos desse caso os bens de mercado como automóveis e materiais de construção.

Por outro lado, quando um bem possui só uma das características mencionadas (não rival ou não excludente), é um bem público impuro, dos quais existem dois tipos: bens comuns e bens de clube. Os bens comuns são bens rivais e não excludentes. Nesses bens, existe uma relação decrescente entre a sua disponibilidade física e o número de agentes que o consomem, mas não se consegue estabelecer formas de exclusão sobre eles, como um lago, um rio ou o mar, cujo excesso de pescadores reduz o número potencial de peixes disponíveis.

¹⁸ Millennium Ecosystem Assessment (MA), 2005.

¹⁹ Kessides. 1993. Cornes & Sandler. 1996.

²⁰ Kolstad, 2000. Kahn, 2004. Pereira, 2013.

Os bens de clube são bens não rivais e excludentes. Esses bens são de consumo coletivo, mas, por terem uma capacidade limitada, geram uma rivalidade parcial no consumo, levando a se praticar a exclusão como forma de racionalizar esse uso através de mecanismos via preços, tarifas, taxas, pedágios etc., como ocorre em autoestradas, programas de erradicação de doenças, entre outros²¹. Também bens de clube são escolas, campanhas de vacinação etc., que, além de gerar resultados àqueles que diretamente se beneficiam, geram benefícios indiretos ao resto da sociedade.

Kaul e Mendoza adicionam uma terceira característica dos bens públicos: o domínio público²². A atmosfera na sua condição natural é um bem rival e não excludente (bem comum), pois, apesar de congestionado, todos os indivíduos têm acesso a ela. Portanto, é de domínio público. Por outro lado, agentes como indústrias precisam de licenças para usar a atmosfera como sumidouros de poluentes, o que torna a atmosfera para esse setor de agentes um bem parcialmente exclusivo e de domínio privado. Logo, a atmosfera apresenta um duplo *status* dentro da classificação de bens públicos, determinado pelo seu caráter de domínio público (livre acesso) ou privado (setor industrial). Isso acontece, também, com outros bens comuns naturais: vida selvagem, reservas naturais, rios, florestas etc.²³.

Um bem público global é um bem cujos benefícios atingem a todos os países, não tem mecanismos de exclusão social, e a provisão desses benefícios não impede o abastecimento a futuras gerações²⁴. Existem três tipos de bens públicos globais. O primeiro são os *Global Human-Made Commons*, que consistem em atividades, tratados e normas que orientam a interação entre agentes e prestam suporte ao desenvolvimento de indivíduos, sociedades e países, caso de sistemas de transporte e comunicação, tratados internacionais, normas etc. O segundo são os *Global Policy*, que procuram benefícios sociais de ordem mundial, como paz e seguridade, estabilidade financeira, saúde etc. O terceiro são os *Global Natural Commons*, compostos pelos recursos naturais (bens comuns) de domínio público global, enquanto partes da Terra cujos domínios estão fora de jurisdição nacional, e a que todas as nações têm acesso: oceanos, Antártica, atmosfera e espaço²⁵. Esta característica, de ofertar benefícios que não se limitam à jurisdição/fron-

teira de um país, faz esses bens serem denominados, também, de *International Environmental Public Goods*²⁶.

Como aplicar esses conceitos sobre os serviços ecossistêmicos? Conforme o escopo teórico de bens públicos, os ecossistemas não exercem mecanismos para excluir aos agentes de usufruir dos serviços ecossistêmicos. Assim sendo, esses serviços são não excludentes e de domínio público, embora alguns assumam características de rivalidade ou não rivalidade (Quadro 1).

Os serviços ecossistêmicos de provisão oferecem recursos para consumo direto ou para gerar outros bens ou serviços, geralmente privados. Esses recursos se caracterizam por serem renováveis e esgotáveis e podem ser contabilizados através de unidades métricas (m³ de madeira, m³ de água, toneladas de peixe), divididos em partes, distribuídos e transformados nos processos de produção, estocados e controlados²⁷.

Os serviços ecossistêmicos de regulação, suporte e culturais não podem ser divisíveis, contabilizados ou estocados. Esses tipos de recursos são, majoritariamente, renováveis e não esgotáveis²⁸. Em geral, para o aproveitamento dos seus atributos, não é necessária a intervenção de formas de exploração e produção, sendo que qualquer agente pode usufruir deles direta ou indiretamente.

Quando as atividades antrópicas exploram o capital natural com uma taxa de consumo superior à taxa de renovação dos recursos naturais, aumenta a rivalidade dos serviços ecossistêmicos de provisão e diminui a eficiência dos serviços de regulação, suporte e culturais, impondo, assim, uma rivalidade a estes três últimos²⁹. Por exemplo, o desmatamento afeta negativamente os processos de absorção de dióxido de carbono e os processos de evapotranspiração dos ciclos hidrológicos³⁰, e, em consequência, o serviço ecossistêmico regulação de clima é saturado, o que o torna um bem rival.

Os aproveitamentos dos serviços ecossistêmicos resultam em benefícios ecossistêmicos que assumem diversos *status* dentro do escopo teórico de bens públicos (Quadro 2). Alguns deles tomam a forma de bens rivais e excludentes (bens privados) de domínio privado: produtos farmacêuticos, alimentos, bens de consumo industrial, os quais são ofertados pelo mercado. Esses benefícios também se apresentam como bens não excludentes e rivais de domínio público: recursos medicinais,

²¹ Cornes & Sandler, 1996. Pereira, 2013.

²² Kaul & Mendoza, 2003.

²³ Cornes & Sandler, 1996. Pereira, 2013.

²⁴ Anand, 2002. Kaul & Mendoza, 2003. Kaul, Grunberg e Stern, 2012.

²⁵ Buck, 1998. Kaul & Mendoza, 2003. Rockström, 2017.

²⁶ Morrissey, Velde & Hewitt, 2002. Arriagada & Perrings, 2011.

²⁷ Kahn, 2004.

²⁸ Kahn, 2004. Farley & Brown, 2007.

²⁹ Gierlinger et al., 2016. Harres, 2018.

³⁰ Moraes, Franchito & Brahmananda, 2013.

Quadro 1. Serviços ecossistêmicos dentro do escopo teórico de bens públicos

Serviços ecossistêmicos rivais		Serviços ecossistêmicos não rivais	
Serviços ecossistêmicos de provisão de	recursos bioquímicos	Serviços ecossistêmicos de regulação	Processamento de resíduos
	recursos ornamentais		Purificação de água
	recursos genéticos		Regulação de clima
	recursos pesqueiros		Polinização
	água bruta		Regulação de qualidade do ar
	alimentos		Regulação de pestes e enfermidades
	madeira e outras matérias-primas	Serviços ecossistêmicos de suporte	Ciclo de nutrientes
			Formação do solo
		Serviços ecossistêmicos culturais	Informação estética
			Desenvolvimento cognitivo
			Recreação e ecoturismo
			Informação de cultura, arte e design

Fonte: adaptado de Kaul e Mendoza, 2003, e de MA, 2005.

Nota: este estudo destaca apenas os serviços ecossistêmicos da RHA advindos da provisão de água, processamento de resíduos, regulação do clima e ciclo de nutrientes.

Quadro 2. Benefícios ecossistêmicos dentro do escopo teórico de bens públicos

Benefícios ecossistêmicos excludentes		Benefícios ecossistêmicos não excludentes	
Rivais e de domínio privado	Não rivais e de domínio privado	Rivais e de domínio público	Não rivais e de domínio público
Produtos farmacêuticos	Atividades de ecoturismo	Recursos medicinais	Controle natural de pestes
Alimentos	Patentes com base a material genético	Alimentos	Controle de inundações
Bens de consumo industrial e para construção		Matérias primas	Ar puro
Produtos de limpeza e estética		Água bruta	Recreação
Sumidouros de poluentes		Água potável	Meditação
		Serviço de saneamento básico	Conhecimento sobre genética
Rivais e de domínio público		Hidroeletricidade	Irrigação natural mediante precipitações
Água potável			Regulação de condições climáticas
Serviço de saneamento básico			
Hidroeletricidade			

Fonte: adaptado de Kaul e Mendoza, 2003, e de MA, 2005.

alimentos, matérias-primas, uma vez que comunidades que habitam nas áreas onde atuam os serviços ecossistêmicos usufruem dos seus benefícios.

A água potável e os serviços de saneamento básico, embora possam ser entendidos como um direito humano fundamental³¹, geralmente são bens excludentes e

de domínio público, uma vez que um indivíduo pode usufruir de ambos os bens em qualquer lugar que esteja disponível independentemente se pagou ou não aos agentes fornecedores. Analogamente, essa premissa se aplica à hidroeletricidade. Também esses três serviços assumem características de bem não excludentes e de domínio público mediante políticas de subsídios por parte das instituições.

³¹ Jalomo et al., 2018. Cini, Rosaneli e Fischer, 2019.

O conhecimento adquirido através de pesquisas de material genético dos ecossistemas pode ser impedido ao público através de patentes. Assim, ele é um bem não rival, pois o ganho de conhecimento de um indivíduo não diminui o ganho de conhecimento de outros. Porém, a patente torna o conhecimento um bem excludente e de domínio privado, por um determinado período. Por outro lado, a partir de programas educativos de livre acesso, o conhecimento também se apresenta como um bem não excludente e de domínio público. Outros benefícios ecossistêmicos são adquiridos sem intervenção antrópica: ar puro, controle natural de inundações e de pestes, etc. geralmente são bens não rivais e não excludentes e de domínio público.

Com respeito ao tipo de domínio público (nacional, regional ou global) dos serviços ecossistêmicos, é necessário considerar a extensão espacial dos benefícios ecossistêmicos derivados, já que, a partir destes, são realizados os ganhos de bem-estar dos indivíduos³². Sob essa perspectiva, um ecossistema pode produzir um serviço ecossistêmico cujos benefícios não necessariamente são usufruídos na mesma unidade de espaço e tempo onde é gerado³³. Dessa maneira, os serviços ecossistêmicos e os seus benefícios operam da seguinte maneira:

- a) *In situ*: serviços ecossistêmicos e benefícios ecossistêmicos derivados atuam na mesma localidade (ex.: o serviço ecossistêmico provisão de água da Bacia Amazônica gera o benefício ecossistêmico recreação, usufruído no mesmo local onde atua o serviço ecossistêmico);
- b) Omnidirecional: os serviços ecossistêmicos são fornecidos numa localidade, mas os benefícios são usufruídos em áreas próximas (ex.: o serviço ecossistêmico de captura de carbono através das florestas da região amazônica gera o benefício de purificação do ar, usufruído também em outras regiões); e
- c) Direcional: o benefício é usufruído numa localidade específica devido ao fluxo direcional do serviço ecossistêmico (ex.: a geração de energia elétrica na Bacia Amazônica resulta da energia hidráulica associada às íngremes encostas da cordilheira dos Andes, relevo onde se localizam muitas das nascentes).

O caráter omnidirecional e direcional dos benefícios dos serviços ecossistêmicos leva a considerar que

a determinação do domínio público do capital natural não deve estar atrelada ao espaço onde emerge o serviço ecossistêmico, devendo ser considerado o espaço atingido pelos benefícios ecossistêmicos resultantes. Outro aspecto é que a extensão espacial dos benefícios ecossistêmicos não necessariamente está sujeita a contextos geopolíticos, e, dependendo da natureza do benefício ecossistêmico, essa extensão pode ser estudada através de ecossistemas atingidos, cidades, países etc. Esse é tipicamente o domínio dos *International Environmental Public Goods*³⁴, em que estaria grande parte dos serviços ecossistêmicos da Bacia Amazônica e seus benefícios ou, no caso como cobenefícios ou benefícios partilhados³⁵.

Serviços ecossistêmicos dos recursos hídricos da Bacia Amazônica

Dos múltiplos serviços ecossistêmicos oferecidos pela Bacia Amazônica, este estudo limita-se à análise de um serviço de Provisão (Provisão de água), dois de Regulação (Processamento de resíduos e Regulação do clima) e um de Suporte (Ciclo de nutrientes). Os benefícios ecossistêmicos dos serviços Provisão de água e Processamento de resíduos são estudados considerando os limites da RHA devido à disponibilidade de dados. A análise dos benefícios dos serviços de Regulação de clima e Ciclo de nutrientes considera a totalidade da área da Bacia Amazônica.

• Serviço de provisão de água.

Os benefícios ecossistêmicos do serviço provisão de água considerados são: água para consumo, hidroeletricidade e transporte fluvial. Esses benefícios resultam do aproveitamento dos seguintes atributos: água bruta, energia hidráulica das correntezas de água e hidrovias. Em relação ao uso da água para consumo, as retiradas de água bruta das fontes naturais totalizaram 2.684,79 milhões de m³ no ano 2013, e o principal uso corresponde ao pecuário, seguido do industrial (Figura 2). No consumo de água para fins industriais, o setor extrativista mineral é o maior demandante desse bem (Figura 3).

Os bens produzidos a partir do uso da água como insumo de produção abastecem mercados que se encontram fora dos limites geográficos da Bacia Amazônica.

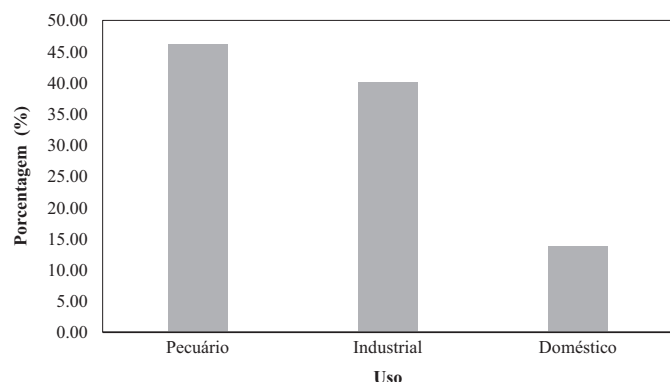
³² Fisher; Turner & Morling, 2009.

³³ Polasky et al., 2005.

³⁴ Arriagada & Perrings, 2011.

³⁵ Perrings & Gardgil, 2003.

Figura 2. Distribuição percentual das retiradas de água bruta das fontes naturais por cada tipo de uso (2013)



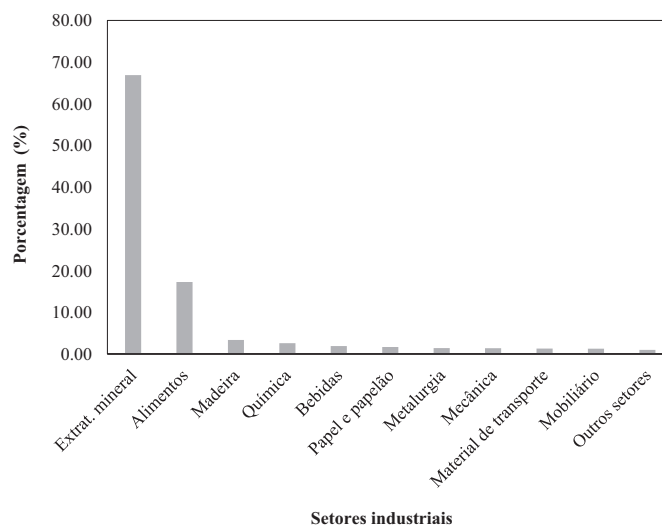
Fonte: elaboração própria a partir do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), 2013, e da ANA, 2015

ca. Os principais bens exportados são: minerais, madeiras, alimentos e bebidas. As transações comerciais desses bens implicam a comercialização da água incorporada nos seus processos de produção³⁶. Esses bens são exportados aos Estados Unidos da América, Canadá e países da Europa, do Oriente Médio e da África, assim como para blocos comerciais: Associação Latino-Americana de Integração –ALADI–, Mercado Comum e Comunidade do Caribe –CARICOM–, Mercado Comum Centro-Americano –MCCA–³⁷.

O atributo energia hidráulica do rio Amazonas e de suas vertentes procede desde as suas nascentes dos Andes Peruanos, com desnível entre 6 e 7 mil metros (quedas de água)³⁸. Essa energia é transformada em energia elétrica através de usinas e desvios de cursos de água. Até dezembro de 2017, a capacidade instalada na RHA era de 27.328,434 kW –25,40 % da matriz hidroelétrica brasileira³⁹, integrada ao Sistema Interligado Nacional (SIN). O SIN é um conjunto de subunidades elétricas distribuídas no Brasil que estão interconectadas por meio de malha de transmissão com o alvo de transferir energia elétrica entre subunidades⁴⁰. Dessa maneira, as hidroelétricas instaladas na Bacia Amazônica abastecem localidades brasileiras que se encontram fora das margens da bacia.

O atributo hidrovia é aproveitado através de meios de navegação e infraestrutura portuária. A RHA possui mais de 15.000 km de hidrovias⁴¹, seus principais corredores de transporte fluvial são as hidrovias

Figura 3. Distribuição percentual das retiradas de água bruta das fontes naturais por setor industrial (2013)



Fonte: elaboração própria a partir do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística-IBGE, 2013, e do SNIS, 2013.

Solimões-Amazonas e Madeira. Em 2014, a primeira hidrovia foi responsável pelo transporte de 10,57 milhões de toneladas de carga –34 % do transporte fluvial por vias interiores no Brasil–⁴². Essa hidrovia tem saída para o oceano Atlântico através do rio Amazonas, condição que permite o trânsito direto entre sócios comerciais internacionais e os principais portos da Bacia Amazônica. No mesmo ano, a hidrovia Madeira transportou 4,79 milhões de toneladas de carga, particularmente minerais, soja, milho e combustíveis, destinados ao mercado interno e internacional⁴³.

Em 2017, 9,80 milhões de passageiros foram transportados dentro dos estados da RHA, sobre três modais fluviais de transporte: longitudinal estadual (localidades de um mesmo estado), longitudinal interestadual (localidades de dois ou mais Estados) e travessia (navegação transversal nos cursos de rios e canais)⁴⁴.

• Processamento de resíduos.

O processamento de resíduos é a capacidade de um ecossistema de absorver e transformar restos resultantes dos seus próprios mecanismos biológicos e das atividades antrópicas⁴⁵. Os corpos dos recursos hídricos da RHA são utilizados para diluir as cargas de esgotos gerados pela população. A carga orgânica de esgotos é mensurada a partir da Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO. Nos estados da RHA, a carga orgânica de esgotos é de 762,2 toneladas de DBO/dia,

³⁶ United Nations World Water Assessment Programme (WWAP), 2015

³⁷ Ministério de Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDCI), 2015.

³⁸ Candotti, 2010.

³⁹ Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), 2018.

⁴⁰ Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), 2018.

⁴¹ ANA, 2015.

⁴² Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ), 2015

⁴³ ANTAQ, 2015

⁴⁴ ANTAQ, 2017.

⁴⁵ Farley & Brown, 2007.

sendo que apenas 12,18 % são coletadas e tratadas antes de ser depositadas nos corpos de água⁴⁶.

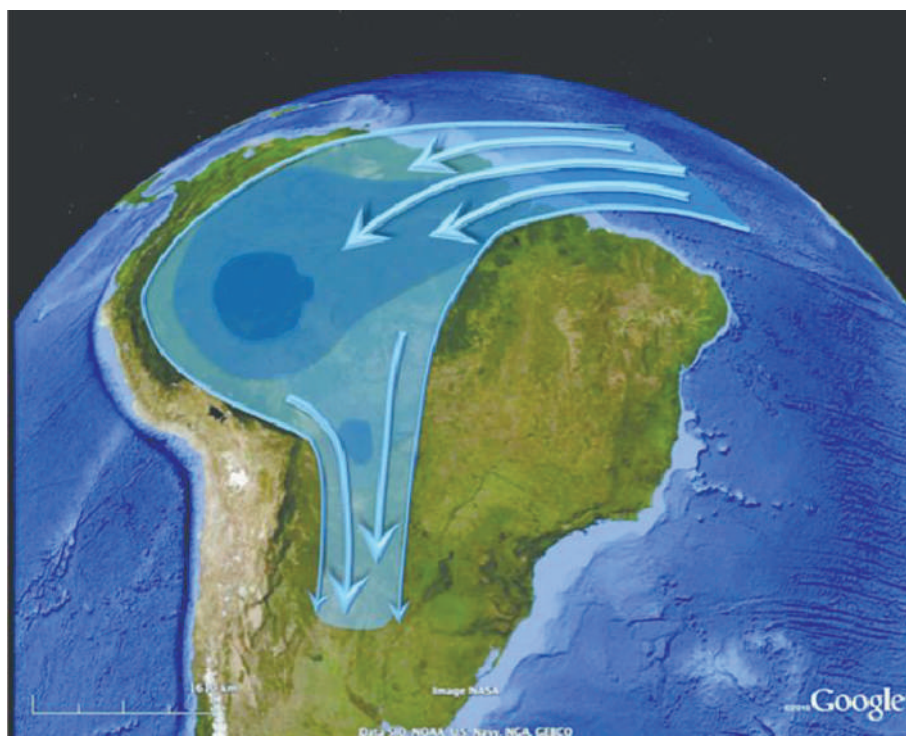
O processamento de resíduos como serviço de regulação oferecido pelos corpos de água da RHA é um bem comum de domínio público, e todos os indivíduos podem depositar resíduos se desejarem. Porém, corpos hídricos de 93 municípios da RHA não têm capacidade para diluir os efluentes de suas populações⁴⁷. O baixo índice de tratamento de esgotos e o congestionamento da capacidade de diluição estimulam a proliferação de doenças relacionadas a veiculação hídrica⁴⁸, ocorrências consideradas como “males públicos”.

- Regulação do clima - transporte de umidade.
O serviço de regulação do clima é produto das interações próprias do ciclo hidrológico e a floresta na bacia Amazônica. Parte das chuvas que infiltram no solo é absorvida pela vegetação. Logo, pelo contato com a luz solar, acontece a evapotranspiração, mecanismo que libera à atmosfera 20 bilhões de toneladas de água por dia⁴⁹. A dinâmica de geração e transporte de umidade na floresta amazônica tem como base dois mecanismos:

- a) *Bomba Biótica*: as precipitações na floresta amazônica reduzem a pressão atmosférica, gerando uma potência dinâmica que suga os ventos oriundos do oceano Atlântico, mantendo a continuidade das precipitações e dos processos de evapotranspiração da região⁵⁰; e
- b) *Os Rios Voadores*: parte do vapor de água proveniente do oceano Atlântico é dirigida pelos ventos até a barreira física da Cordilheira dos Andes, que muda sua trajetória deslocando-o para o Sul (Bolívia, Paraguai, norte e noroeste de Argentina –bacia do Rio de La Plata– e o sul e sudoeste do Brasil –bacia do rio Paraná–)⁵¹.

Assim, a Amazônia desempenha o papel de cabeceira de reservas aéreas de vapor de água responsável pela maior parte das chuvas da América do Sul, sendo que as atividades econômicas mais impactadas são a agricultura e hidroeletricidade⁵². Essa trajetória de circulação de umidade, conhecida também como *South American Low-Level Jet* (Figura 4), contribui para a regulação dos ciclos hidrológicos da região⁵³.

Figura 4. Circulação de Umidade desde o oceano Atlântico até a América do Sul



Fonte: Arraut et al., 2012.

⁴⁶ ANA, 2017.

⁴⁷ ANA, 2017.

⁴⁸ IBGE, 2011

⁴⁹ Nobre, 2014.

⁵⁰ Gorshkov y Makarieva, 2000 apud Nobre, 2014

⁵¹ Arraut et al., 2012.

⁵² Nobre, 2014.

⁵³ Marengo et al., 2004.

- Ciclo de nutrientes.

O rio Amazonas aporta o maior volume de água doce ao oceano Atlântico (133,86 m³/seg.), representando aproximadamente 16 % da descarga total mundial⁵⁴ (Figura 5). A mistura de água doce e material de origem terrestre com águas oceânicas, denominada de “pluma amazônica”, regula a salinidade das águas e influencia indiretamente nas propriedades termodinâmicas do oceano Atlântico Tropical. Aproximadamente a metade do sedimento proveniente da Bacia Amazônica é acumulada na costa, enquanto o restante é disperso no oceano⁵⁵.

A mistura das águas fluviais e oceânicas estende-se até, aproximadamente, 1.000 km distante da linha de costa, segundo o período do ano, superando os limites da Zona Econômica Exclusiva – ZEE do Brasil. Essas condições favorecem a produtividade dos recursos pesqueiros em áreas dentro e fora da ZEE do Brasil⁵⁶.

O transporte de umidade e o lançamento de água doce para o oceano Atlântico desempenhado pelos recursos hídricos da Bacia Amazônica formam parte dos serviços ecossistêmicos que contribuem, respectivamente, na regulação de regimes de chuvas e temperaturas da América do Sul e das propriedades das águas

do atlântico. Observe-se que um serviço ecossistêmico pode ser intermediário ou final, dependendo do benefício em questão⁵⁷. Os serviços ecossistêmicos finais são resultantes da ação dos intermediários. Sobre essa abordagem, o transporte de umidade que se origina na Amazônia, junto a outros processos ecossistêmicos que decorrem na América do Sul, forma parte do conjunto de serviços ecossistêmicos intermediários que permitem o desenvolvimento de vários serviços ecossistêmicos finais, como: provisão de água, regulação de ciclos hidrológicos, regulação de temperaturas etc. Analogamente, o lançamento de água doce no oceano Atlântico desempenha o papel de serviço ecossistêmico intermediário, uma vez que permite o desenvolvimento de múltiplos serviços ecossistêmicos finais neste oceano, tais como o desenvolvimento de ecossistemas aquáticos, a regulação de temperatura e da salinidade das águas.

Sob a ótica espaço-temporal, os serviços ecossistêmicos gerados pelos recursos hídricos da Bacia Amazônica desempenham as três características espaciais *in-situ*, omnidirecional e direcional⁵⁸. Os benefícios da pluma amazônica e os rios aéreos são capturados em ordem direcional e omnidirecional, respectivamente, por regiões que se encontram fora das margens dos corpos de água da Bacia.

Figura 5. Foz do rio Amazonas ao oceano Atlântico



Fonte: Apolo 11 & Earth Google, 2021.

Nota: Leque do Amazonas refere-se a pluma amazônica.

⁵⁴ Ministério do Meio Ambiente Brasil, 2006.

⁵⁵ Val et al., 2010. Vizy & Cook, 2010.

⁵⁶ Da Silva et al., 2009.

⁵⁷ Boyd & Banzhaf, 2007.

⁵⁸ Polasky et al., 2005.

Extensão espacial dos benefícios ecossistêmicos dos recursos hídricos da Bacia Amazônica

A identificação da extensão espacial dos benefícios ecossistêmicos dos recursos hídricos da Bacia Amazônica requer o conhecimento da cadeia de valor que se desenvolve desde a formação dos serviços ecossistêmicos até os ganhos de bem-estar dos indivíduos. Essa transação de valor é feita em três estágios.

O primeiro estágio consiste na atuação dos processos eco hidrológicos, resultantes da interação de componentes bióticos e abióticos que contribuem na formação dos recursos naturais (hídricos)⁵⁹ (Quadro 3). O desempenho desses processos define quatro propriedades dos corpos de água: quantidade, qualidade, localidade e vazão. A quantidade de água infiltrada nos solos e absorvida pela vegetação contribui na distribuição da água nas fontes superficiais e subterrâneas. Também, vale ressaltar, ecossistemas saudáveis com grande cobertura vegetal são determinantes na qualidade da água. As características litológicas, estruturais e de relevo são alguns dos condicionantes da trajetória dos cursos fluviais. Por seu turno, a sazonalidade das precipitações e o controle do fluxo de água influenciam na variação da vazão hídrica. A partir de diferentes combinações dessas propriedades, emergem os serviços ecossistêmicos⁶⁰ (Estágio 2).

Os serviços ecossistêmicos dos recursos hídricos da Bacia Amazônica oferecem diferentes atributos devido à característica da água de fluir, evaporar e se condensar⁶¹. Alguns desses atributos são: água bruta, hidrovias, energia hidráulica, diluição de esgotos, rios aéreos e pluma amazônica (Quadro 4). Os processos eco hidrológicos, os serviços ecossistêmicos e seus atributos nas suas condições naturais não têm preço de mercado, são submetidos a congestionamentos entre usos e usuários e são de livre acesso. Portanto, são bens não excludentes e rivais (bens comuns) de domínio público⁶², considerando-se assim bens públicos.

O terceiro estágio compreende o aproveitamento dos benefícios ecossistêmicos, onde os atributos dos serviços ecossistêmicos são explorados pelo mercado e pela indústria de transformação⁶³. A intervenção socioeconômica não cria valor, só transforma um já

existente e o adapta aos requerimentos dos distintos usos. Em geral, esse novo valor tem um preço porque os meios de transferência são compostos por infraestrutura, sistemas, máquinas e equipamentos, leis, normas etc., de tal sorte que existe um custo marginal de transformação associado. Os benefícios ecossistêmicos derivados dos “rios voadores” e da “pluma amazônica” são aproveitados sem a intervenção de outras formas de capital⁶⁴.

Os corpos de água da Bacia Amazônica são compartilhados por sete países (Figura 1), o que a torna um bem público regional. Porém, muitos dos seus benefícios são apropriados por regiões que não pertencem a ela. Para explicar melhor essa versatilidade de domínios, considera-se que os bens são de domínio regional se os seus benefícios se limitam às áreas da bacia e de domínio extra regional para benefícios que atingem áreas fora da mesma. O Quadro 5 apresenta a extensão espacial dos benefícios derivados do serviço ecossistêmico de provisão de água dos recursos hídricos da Bacia Amazônica, enquanto ao Quadro 6 expõe o correspondente aos serviços ecossistêmicos de regulação e suporte.

As hidrovias da Bacia Amazônica deixam de ser de domínio público regional, uma vez que as transações com parceiros comerciais externos à área da bacia se beneficiam da saída do rio Amazonas ao oceano Atlântico. O modal hidroviário caracteriza-se por oferecer grande capacidade de carga e baixo custo de manutenção⁶⁵. A foz do rio Amazonas no oceano Atlântico favorece o transporte de cabotagem, o qual permite o nexo logístico e comercial entre a Amazônia e o resto do Brasil. No transporte de longas distâncias em vias interiores no Brasil, a hidrovia Amazonas abraça 90,74 % das saídas de carga pelo Atlântico; a China protagoniza 64,68 % do trânsito da Bacia Amazônica, seguida dos Estados Unidos com 15,7 %⁶⁶.

Os benefícios ecossistêmicos dos rios voadores e da pluma amazônica são descritos no nível regional, mas também transcendem as suas fronteiras. Os benefícios ecossistêmicos do serviço de regulação de clima da Bacia Amazônica estão associados aos regimes de variabilidade da precipitação e dos ciclos hidrológicos, muitas vezes influenciados por fenômenos extra regionais (ex.: El Niño, La Niña), e atingem áreas da América do Sul fora dessa bacia⁶⁷. Por sua vez, o serviço de suporte

⁵⁹ Groot, Wilson & Boumans, 2002. Brauman et al., 2007.

⁶⁰ Groot, Wilson & Boumans, 2002. Brauman et al., 2007.

⁶¹ Young & Loomis, 2005.

⁶² Kaul & Mendoza, 2003. Hanemann, 2005. Young & Loomis, 2005.

⁶³ Pearce, 1985. Pearce & Turner, 1990.

⁶⁴ Groot, Wilson & Boumans, 2002. Boyd & Banzhaf, 2007.

⁶⁵ ANTAQ, 2017.

⁶⁶ ANTAQ, 2015.

⁶⁷ Sombroek, 2001.

Quadro 3. Estágio 1 da formação dos benefícios ecossistêmicos

Estágio 1	
Processos eco hidrológicos	Propriedades hidrológicas
Interações no clima local	Quantidade (estoque e fluxo de águas subterrâneas e superficiais)
Água absorvida pelas plantas	
Processos de filtração	Qualidade (composição de patógenos, nutrientes, salinidade etc.)
Estabilização do solo	
Interações químicas e biológicas dos componentes do ecossistema	
Desenvolvimento e modificação do solo	Localidade (superficial ou subterrâneo / <i>upstream</i> ou <i>downstream</i> / dentro ou fora do canal)
Alteração dos percursos de escoamento	
Desenvolvimento de depósitos sedimentários fluviais	
Controle de velocidade de fluxo de água	Vazão (pontos máximos e mínimos de fluxo, velocidade)
Variações na estocagem de água	
Sazonalidade no uso da água pelo ecossistema	

Fonte: Adaptado de Brauman et al., 2007.

Quadro 4. Estágios 2 e 3 da formação dos benefícios ecossistêmicos

Estágio 2		Estágio 3	
Serviços ecossistêmicos	Atributos	Intervenção antrópica	Benefícios ecossistêmicos
Provisão de água	Água Bruta	Captação de água bruta, adução, tratamento e transporte	Água tratada para consumo doméstico, industrial e agropecuário
	Hidrovias	Dragagem, embarcações, instalação de infraestrutura portuária	Transporte fluvial de carga e passageiros
	Energia hidráulica	Instalação de plantas hidrelétricas para transformação de energia hidráulica em elétrica	Hidroeletricidade
Processamento de resíduos	Diluição de efluentes	Instalação de rede de esgotos	Serviço de saneamento
Regulação de clima	Rios Aéreos	-	Benefícios derivados dos seguintes serviços ecossistêmicos na América do Sul: provisão de água, regulação de ciclos hidrológicos e de clima
Ciclo de Nutrientes	Pluma Amazônica	-	Benefícios derivados dos seguintes serviços ecossistêmicos no oceano Atlântico: provisão de recursos pesqueiros (produtividade marinha), regulação de temperatura e salinidade das águas oceânicas

Fonte: Elaboracao própria a partir de MA, 2005, e de Brauman et al., 2007

ciclo de nutrientes através da pluma amazônica gera benefícios sobre o oceano Atlântico⁶⁸, este último considerado como um *Global Natural Commons*.

Os recursos hídricos da Bacia Amazônica geram benefícios decorrentes de serviços ecossistêmicos que atingem bens públicos globais como o oceano Atlântico, contribuem no comércio internacional e produzem serviços ecossistêmicos que atuam em outras regiões. Assim, a bacia Amazônica não pode ser considerada somente um bem público regional, mas também, um Bem Público Global, especificamente um *Global Natural Commons*.

Os benefícios ecossistêmicos têm vários *status* dentro da classificação de bens públicos. Referente aos bens privados, nos estados da RHA são aplicadas tarifas para o consumo de água, sistema de saneamento e hidroeletricidade⁶⁹. A água para consumo agropecuário pode ser fornecida por empresas ou utilizada diretamente das fontes naturais.

O transporte fluvial de carga e passageiros é desempenhado por empresas de navegação, condição que o torna em bem privado⁷⁰. Muitas famílias e comunidades ribeirinha e indígena da Bacia Amazônica possuem

⁶⁸ Da Silva et al., 2009.

⁶⁹ SNIS, 2013. ANEEL, 2018.

⁷⁰ ANA, 2015. ANTAQ, 2015; 2017.

Quadro 5. Extensão espacial dos benefícios derivados do serviço ecossistêmico de provisão de água dos recursos hídricos da Bacia Amazônica

Atributos (Bens públicos)	Benefício ecossistêmico	Tipo de bem	Domínio	Extensão regional	Extensão extraregional
Água bruta	Água potável para consumo doméstico	Bem privado / Bem comum	Público	Domícílios dos estados da RHA	-
	Água para consumo industrial	Bem privado	Privado		Mercado de consumo de bens finais: Argentina, Venezuela, Colômbia, Chile, Peru, China, Estados Unidos, Alemanha, Argélia, Bulgária, Chile, França, Polônia, Portugal, Romênia, Rússia, Uruguai, etc.
	Água para consumo agropecuário	Bem privado / Bem comum	Privado / Público	Unidades de produção industrial e agropecuária dos estados da RHA	
Hidroviás	Transporte fluvial de passageiros	Bem privado / Bem comum	Público	Usuários dos estados da RHA	-
	Transporte fluvial de carga	Bem privado / Bem comum	Privado / Público	Pequenos comerciantes, empresas de transporte de carga dos estados da RHA	Principais sócios comerciais que usam o rio Amazonas para intercâmbio de mercadorias com Brasil: China, Estados Unidos, Alemanha, Argélia, Bulgária, Chile, França, Polônia, Portugal, Romênia, Rússia, Uruguai, etc.
Energia hidráulica	Hidroeletricidade	Bem privado / Bem comum	Privado / Público	Unidades de consumo dos estados da RHA e estados do Brasil localizados fora da área de bacia amazônica (Sistema Interligado Nacional)	-

Fonte: elaboração própria a partir dos dados da pesquisa.

Quadro 6. Extensão espacial dos benefícios derivados dos serviços ecossistêmicos de regulação e suporte dos recursos hídricos da Bacia Amazônica

Serviço ecossistêmico	Atributos (Bens públicos)	Benefício ecossistêmico	Tipo de bem	Domínio	Extensão regional	Extensão extraregional
de regulação (Processamento de resíduos)	Diluição de efluentes	Serviço de saneamento	Bem privado / Bem comum	Público	Domícílios, unidades comerciais e industriais dos estados da RHA	-
de regulação (Regulação de clima)	Rios aéreos	Benefícios derivados dos seguintes serviços ecossistêmicos em América do Sul: provisão de água, regulação de ciclos hidrológicos, regulação de clima	Bem comum	Público	Estados da RHA, sul e sudeste do Brasil (Bacia do rio Paraná)	Paraguai, Bolívia, Norte e Nordeste de Argentina (Bacia de La Plata)
de suporte (Ciclo de nutrientes)	Pluma amazônica	Benefícios derivados dos seguintes serviços ecossistêmicos no oceano atlântico: provisão de recursos pesqueiros (produtividade marinha), regulação de temperatura e salinidade das águas oceânicas	Bem comum	Público	Costa atlântica dos estados Pará e Amapá	Oceano Atlântico: Zona Exclusiva Econômica do Brasil (ZEE), Águas internacionais (fora da ZEE), Mar Caribe

Fonte: elaboração própria a partir dos dados da pesquisa.

seus próprios meios de navegação de pequeno porte para se deslocarem entre locais e ilhas fluviais. Dessa maneira, esse benefício ecossistêmico assume também características de bem comum de domínio público.

Os benefícios ecossistêmicos da água para consumo humano industrial e pecuário, transporte fluvial de cargas e passageiros, sistema de saneamento e hidroeletricidade

atingem os estados brasileiros da Bacia Amazônica, identificados como pertencentes à RHA. Ao mesmo tempo, assume-se que esse comportamento é reproduzido nos outros países que integram a bacia Amazônica. Vale ressaltar que a RHA concentra apenas 9,7 milhões de habitantes⁷¹, isto

⁷¹ ANA, 2015.

é, 34,64 % da população da Bacia, e os benefícios ecossistêmicos derivados dos rios aéreos e da pluma amazônica são usufruídos pelos agentes extra regionais como bens comuns de domínio público.

Considerações finais

A alta disponibilidade hídrica e a biodiversidade da Bacia Amazônica a torna um grande fornecedora de serviços ecossistêmicos nos contextos geográficos local, regional e internacional, com efeitos ambientais e com ampla produção de bens e serviços que geram ganhos de bem-estar.

Os ecossistemas da Bacia Amazônica apresentam inúmeros serviços ecossistêmicos com características de bens não excludentes e rivais (bens comuns) de domínio público, conforme terminologia adotada por Kaul e Mendoza⁷², enquadrando-se como bem público global⁷³. Os benefícios ecossistêmicos derivados da Bacia Amazônica assumem vários *status* dentro da classificação de bens públicos, e essa multiplicidade resulta da intervenção de mercados, políticas institucionais, bem como da ação de comunidades e indivíduos.

Nessa direção, os bens privados e os públicos do serviço de provisão de água possuem um valor de uso que é diversificado e adaptado aos requerimentos do mercado, através da transferência de valor dada nos seus respectivos processos de exploração e produção. O ganho de bem-estar é realizado através da satisfação recebida dos benefícios ecossistêmicos, com estes por vezes assumindo características de bens privados ao longo de seu processo de extração e produção, embora a contribuição dos serviços ecossistêmicos, também, mantenha as suas características originais de bens públicos.

Assinala-se, ainda, que, além de a bacia Amazônica ser compartilhada espacialmente por sete países, alguns benefícios com características de bens públicos atingem áreas geográficas que superam os seus limites, uma vez que existem serviços e benefícios ecossistêmicos que operam de maneira direcional e omnidirecional. A extensão desses benefícios assume dois contextos. O contexto geopolítico, já que os beneficiários da saída do rio Amazonas ao oceano Atlântico podem ser identificados como países ou parceiros comerciais. O contexto espacial, em que os beneficiários dos “rios aéreos” e da pluma amazônica podem ser identificados como regiões e

ecossistemas, no âmbito da América do Sul e do oceano Atlântico. Sob esse prisma, a bacia Amazônica, na sua condição de fonte de *joint Productions*, produz serviços ecossistêmicos que compõem o conjunto de serviços ecossistêmicos intermediários na América do Sul e no oceano Atlântico.

A bacia Amazônica se comporta também como fornecedor de *inputs* para as seguintes atividades: produção industrial e pecuária, rede fluvial (logística), transformação de energia hidráulica em energia hidrelétrica, produção de água potável e sistemas de saneamento nos países que a compõem. Portanto, as externalidades negativas resultantes dos processos de exploração dos atributos dos recursos hídricos da Bacia Amazônica colocam em risco a eficiência dos serviços ecossistêmicos e do fornecimento a futuras gerações, tanto em escala regional quanto em escala extra regional.

A pesquisa identificou quatro grupos de beneficiários dos serviços ecossistêmicos da Bacia Amazônica, um em escala regional e três em escala extra regional. Em escala regional, podem-se contabilizar os residentes dos países que integram a bacia Amazônica e utilizam os recursos hídricos para uso direto ou para produzir outros bens ou serviços, além do que, também, são beneficiários dos processos ambientais de regulação de clima e ciclo de nutrientes. Em escala extra regional, distinguem-se os residentes de países da América do Sul, bem como aqueles que utilizam do oceano Atlântico para a realização de relações comerciais com o Brasil.

Como contribuição final do estudo, afirma-se a partir dos serviços ecossistêmicos fornecidos pela bacia Amazônica, neste estudo apenas analisada no recorte brasileiro, que compreende cerca de 64% de sua extensão⁷⁴ entre os sete países que a compõe, que esta não deve ser considerada apenas como um bem público de abrangência regional, uma vez que existem beneficiários de seus serviços ecossistemas em termos de bem-estar que extrapolam os limites regionais, de sorte que o mais apropriado seria classificá-la como um *Global Natural Common*.

Agradecimentos

A elaboração desta pesquisa contou com o apoio financeiro de Bolsa de Mestrado outorgado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior-CAPES.

⁷² Kaul & Mendoza, 2003.

⁷³ Sandler, 1998.

⁷⁴ Filizola et al., 2002.

BIBLIOGRAFIA

- Agência Nacional de Águas (ANA). 2015: *Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: regiões hidrográficas brasileiras*. Brasília (Brasil), ANA. <https://www.snirh.gov.br/portal/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos> Consulta realizada el 17 de enero de 2018.
- Agência Nacional de Águas (ANA). 2017: *Atlas esgotos: despoluição de bacias hidrográficas*. <http://atlasesgotos.ana.gov.br/> Consulta realizada el 26 de marzo de 2019.
- Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). 2018: *Informações Técnicas. Banco de Informações de Geração*. <https://www.sigetplus.com.br/signa-o-novo-banco-de-informacoes-de-geracao-da-aneel/> Consulta realizada el 12 de febrero de 2018.
- Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ). 2015: *TKU da navegação interior e de cabotagem-2014*. Brasília (Brasil), ANTAQ. https://www.academia.edu/23707792/Indicadores_de_Tonelada_%C3%9Atil_t_e_Tonelada_por_Quil%C3%B4metro_%C3%9Atil_TKU_do_Transporte_de_Cargas_na_Navega%C3%A7%C3%A3o_Interior_e_na_Cabotagem Consulta realizada el 14 de diciembre de 2018.
- Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ). 2017: *Caraterização da Oferta e da Demanda do Transporte Fluvial de Passageiros e Cargas na Região Amazônica*. Brasília (Brasil), ANTAQ, Universidade Federal do Pará.
- Anand, P. B. 2002: "Financing the provision of global public goods". *WIDER Discussion Papers No. 2002/110*. Helsinki (Finland), World Institute for Development Economics (UNU-WIDER). <https://www.econstor.eu/bitstream/10419/52926/1/358489423.pdf> Consulta realizada el 12 de febrero de 2019.
- Anderson, E., Osborne, T., Maldonado, J., Mills, M., Castello, L., Montoya, M., Encalada, A. & Jenkins, C. 2019: "Energy development reveals blind spots for ecosystem conservation in the Amazon Basin". *Frontiers in Ecology and the Environment*, 17(9), 521-529. <https://doi.org/10.1002/fee.2114>
- Apolo 11 & Earth Google. 2021: "Leque do rio amazonas". https://www.apolo11.com/noticias.php?t=Estudo_confirma_que_rio_Amazonas_tem_11_milhoes_de_anos&id=20090709-090152 Consulta realizada el 10 de febrero de 2021.
- Arraut, J., Obregon, G., Barbosa, H., Marengo, J. & Nobre, C. 2012: "Aerial Rivers and lakes: looking at large-scale moisture transport and its relation to Amazonia and to subtropical rainfall in South America". *Journal of Climate*, 25, 543-556. <http://doi.org/10.1175/2011JCLI4189.1>
- Arriagada, R. & Perrings, C. 2011: "Paying for International environmental public goods". *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, 40(7), 798-806. <http://doi.org/10.1007/s13280-011-0156-2>
- Bordalo, C. 2017: "O paradoxo da água na região das águas: o caso da Amazônia brasileira". *Geosp - Espaço e Tempo (Online)*, 21(1), 120-137. <http://doi.org/10.11606/issn.2179-0892.geosp.2017.107531>
- Boyd, J. & Banzhaf, S. 2007: "What are ecosystem services? The need for standardized environmental accounting units". *Ecological Economics*, 63(1-2), 616-626. <http://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2007.01.002>
- Brauman, K., Daily, G., Duarte, T. & Mooney, H. 2007. "The Nature and value of ecosystem services: an overview highlighting hydrologic services". *Annual Review of Environmental and Resources*, 32, 67-98. <http://doi.org/10.1146/annurev.energy.32.031306.102758>
- Buck, S. 1998: *The Global Commons: an introduction*. Washington D.C. (Estados Unidos), Island.
- Candotti, E. 2010: "Notas sobre os serviços meio-ambientais", em Peixoto, J., Unterstell, N. e Freire, R., *O valor dos serviços da natureza-subsídios para políticas públicas de serviços ambientais no Amazonas*. Manaus (Brasil), Centro Estadual de Mudanças Climáticas (CECLIMA).
- Cini, R., Rosaneli, C. e Fischer, M. 2019: "Direito humano a água e bioética: revisão da literatura latino-americana com foco na realidade brasileira". *Agua y Territorio / Water & Landscape (AYT/WAL)*, 14, 105-114. <http://doi.org/10.17561/at.14.4450>
- Cornes, R. & Sandler, T. 1996: *The Theory of Externalities, Public Goods and Club Goods*. Cambridge (United Kingdom), Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139174312>
- Da Silva, A., Santos, M., Araujo, M. e Bourles, B. 2009: "Observações hidrológicas e resultados de modelagem no espalhamento sazonal e espacial da pluma de água Amazônica". *Acta Amazonica*, 39(2), 361-369. <http://doi.org/10.1590/S0044-59672009000200014>
- De Groot, R., Wilson, M. & Boumans, R. 2002: "A typology for the classification, description, and valuation of ecosystem functions, goods and services". *Ecological Economics*, 41(3), 393-408. [http://doi.org/10.1016/S0921-8009\(02\)00089-7](http://doi.org/10.1016/S0921-8009(02)00089-7)
- Eisemberg, C., Vogt, R., Balestra, R., Reynolds, S. & Christian, K. 2019: "Don't put all your eggs in one basket – Lessons learned from the largest-scale and longest-term wildlife conservation program in the Amazon Basin". *Biological Conservation*, 238, 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.07.027>
- Farley, J. & Brown, E. 2007: "Restoring Natural Capital: An Ecological Economics Assessment", in Blignaut, J., Milton, S. & Aronson, J. (Orgs.), *Restoring Natural Capital: science, business and practice*. Washington D.C. (United States), Island Press, 16-27.
- Filizola, N.; Guyot, J. L.; Molinier, M.; Guimarães, V.; De Oliveira, E & De Freitas, M. A. V. 2002: "Caracterização Hidrológica da Bacia Amazônica", in Rivas, A.; Freitas, C.E.C. de (Org.), *Amazônia: uma perspectiva interdisciplinar*. Manaus, EDUA, 33-53.

- Fisher, B., Turner, K. & Morling, P. 2009: "Defining and classifying ecosystem services for decision-making". *Ecological Economics*, 68(3), 643-653. <http://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2008.09.014>
- Fisher, J., Stutzman, H., Vedoveto, M., Delgado, D., Rivero, R., Dariquebe, W., Contreras, L., Souto, T., Harden, A. & Rhee, S. 2020: "Collaborative Governance and Conflict Management: Lessons Learned and Good Practices from a Case Study in the Amazon Basin". *Society & Natural Resources*, 33(4), 538-553. <https://doi.org/10.1080/08941920.2019.1620389>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2015: *Amazon Basin*. <http://www.fao.org/nr/water/aquastat/basins/amazon/index.stm> Consulta realizada el 13 de marzo de 2018.
- Gierlinger, S., Hauer, F., Pollack, G. & Krausmann, F. 2016: "Metabolism and Waterscape in an Industrializing City: A Quantitative Assessment of Resource Use and its Relation to the Transformation of the Urban Waterscape in Nineteenth-Century Vienna". *Agua y Territorio / Water & Landscape (AYT/WAL)*, 7, 109-124. <http://doi.org/10.17561/at.v0i7.2966>
- Hanemann, M. 2005: "The Economic Conception of Water", in Rogers, P., Llamas, M. & Martínez-Cortina, L. (Eds.), *Water Crisis: Myth or Reality*. Londres (United Kingdom), Taylor & Francis, 61-92. <https://doi.org/10.1201/9781439834275.pt2a>
- Harres, M. 2018: "Águas poluídas: uma história da poluição hídrica na Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos, RS". *Agua y Territorio / Water & Landscape (AYT/WAL)*, 11, 70-82. <http://doi.org/10.17561/at.11.2439>
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). 2011: *Atlas de Saneamento*. Rio de Janeiro (Brasil), IBGE. http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv53096_cap3.pdf Consulta realizada el 22 febrero de 2017.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). 2013: *Pesquisa Industrial Anual – Produto 2013*. Rio de Janeiro (Brasil), IBGE. http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/industria/pia/produtos/produto2013/default_produto.shtm Consulta realizada el 20 de febrero de 2017.
- Jalomo, F., Torres, A., Ceballos, L., Avila, J. y Álvarez, L. 2018. "Derecho humano al agua potable en la localidad de Tlachichilco del Carmen en el municipio de Poncitlán, Jalisco, México: análisis preliminar de un problema en un territorio periurbano". *Agua y Territorio / Water & Landscape (AYT/WAL)*, 12, 59-70. <http://doi.org/10.17561/at.12.4069>
- Kahn, J. 2004: *The Economic Approach to Environmental and Natural Resources*. Washington D.C. (United States), Thomson.
- Kaul, I. & Mendoza, R. 2003: "Advancing the Concept of Public Goods", in Kaul, I., Conceição, P. Golven, K. & Mendoza, R. (Orgs.), *Providing global public goods: managing globalization*. Oxford (United Kingdom), Oxford University Press, 78-111. <https://doi.org/10.1093/0195157400.003.0004>
- Kaul, I. 2005: "Private Provision and Global Public Goods: Do the Two Go Together?". *Global Social Policy*, 5(2), 137-140. <http://doi.org/10.1177/146801810500500203>
- Kaul, I., Grunberg, I. e Stern, M. 2012: "Definindo Bens Públicos Globais", em: Kaul, I., Grunberg, I. & Stern, M (Eds). *Bens Públicos Globais. Cooperação Internacional no Século XX*. Rio de Janeiro (Brasil), Editora Record, 45-58.
- Keles, D., Delacote, P., Pfaff, A., Qin, S. & Mascia, M. 2020: "What Drives the Erasure of Protected Areas? Evidence from across the Brazilian Amazon". *Ecological Economics*, 176, 106733. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2020.106733>
- Kessides, C. 1993: *Institutional options for the provision of infrastructure*. Washington, D.C. (United States), The World Bank. <https://doi.org/10.1596/0-8213-2627-9>
- Kolstad, C. 2000: *Environmental Economics*. Oxford (United Kingdom), Oxford University Press.
- Marengo, J., Soares, W., Saulo, C. & Nicolini, M. 2004: "Climatology of the low-level jet east of the Andes as derived from the NCEP-NCAR reanalyses characteristics and temporal variability". *Journal of Climate*, 17(12), 2261-2280. [https://doi.org/10.1175/1520-0442\(2004\)017<2261:COTLJE>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(2004)017<2261:COTLJE>2.0.CO;2)
- Markandya, A., Bellù, L. G., Cistulli, V. & Harou, P. 2002: *Environmental economics for sustainable growth: a handbook for practitioners*. United Kingdom, E. Elger Pub.
- Mendoza, L. 2018: "Espacios en transformación: una historia de los arroyos urbanos como patrimonio natural de la Zona Metropolitana de Guadalajara, México". *Agua y Territorio / Water & Landscape (AYT/WAL)*, 12, 13-24. <http://doi.org/10.17561/at.12.4065>
- Millennium Ecosystem Assessment (MA). 2005: *Ecosystems and Human Well-being*. Washington D.C. (United States), Island Press.
- Ministério de Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC) 2015: *Balança Comercial Mensal e Acumulado 2015*. <http://www.mdic.gov.br/index.php/comercio-exterior/estatisticas-de-comercio-exterior/balanca-comercial-brasileira-acumulado-do-ano> Consulta realizada el 20 de enero de 2017.
- Ministério do Meio Ambiente Brasil. 2006: *Caderno da Região Hidrográfica Amazônica*. Brasília (Brasil).
- Moraes, E., Franchito, S. & Brahmananda, V. 2013: "Amazonian deforestation: impact of global warming on the energy balance and climate". *American Meteorological Society*, 52(3), 521-530. <http://doi.org/10.1175/JAMC-D-11-0258.1>
- Morrissey, O., Velde, D. & Hewitt, A. 2002: "Defining International Public Goods: Conceptual Issues", in Ferroni, M. & Mody, A. (Eds), *International Public Goods: Incentives, Measurement, and Financing*. Washington D.C. (United States), World Bank and Kluwer, 1-30. https://doi.org/10.1007/978-1-4615-0979-0_2

- Nobre, A.** 2014: *O Futuro Climático da Amazônia. Relatório de avaliação científica*. São Paulo (Brasil), Articulación Regional Amazônica (ARA), Centro de Ciência do Sistema Terrestre (CCST), Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA). <http://www.pbmc.coppe.ufrj.br/documentos/futuro-climatico-da-amazonia.pdf> Consulta realizada el 4 de junio de 2018.
- Oberdorff, T., Dias, M., Jézéquel, C., Albert, J., Arantes, C., Bigorne, R., Carvajal-Valleros, F., Wever, A., Frederico, R., Hidalgo, M., Hugueny, B., Leprieur, F., Maldonado, M., Maldonado-Ocampo, J., Martens, K., Ortega, H., Sarmiento, J., Tedesco, P., Torrente-Vilara, G., Winemiller, K. & Zuanon, J.** 2019: "Unexpected fish diversity gradients in the Amazon basin". *Science Advances*, 5(9), 1-9. <http://doi.org/10.1126/sciadv.aav8681>
- Oki, T. & Kanae, S.** 2006: "Global Hydrological Cycles and World Water Resources". *SCIENCE*, 313(5790), 1068-1072. <http://doi.org/10.1126/science.1128845>
- Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) 2018: O Sistema Interligado Nacional. <http://www.ons.org.br/paginas/sobre-o-sin/o-que-e-o-sin> Consulta realizada el 20 de enero de 2019.
- Pearce, D.** 1985: *Economía Ambiental*. México D.C. (México), Fondo de Cultura Económica.
- Pearce, D., & Turner, R.** 1990: *Economics of Natural Resources and the Environment*. Baltimore (United States), The John Hopkins University Press.
- Pereira, E., Ferreira, P., Ribeiro, L., Carvalho, T. & Pereira, H.** 2019: "Policy in Brazil (2016–2019) threaten conservation of the Amazon rainforest". *Environmental Science & Policy*, 100, 8-12. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2019.06.001>
- Pereira, P.** 2013: "O conceito económico de bem público", em Pato, J., Schmidt, L. e Gonçalves, M (Orgs.), *Bem comum público e/ou privado?* Lisboa (Portugal), Imprensa de Ciências Sociais-Universidade de Lisboa, 85-108.
- Perrings, C. & Gadgil, M.** 2003: "Conserving biodiversity: Reconciling local and global public benefits", in Kaul, I., Conceição, P., Golven, K. & Mendoza, R. (Orgs.), *Providing global public goods: Managing globalization*. Oxford (United Kingdom), Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/0195157400.003.0022>
- Polasky, S., Nelson, E., Lonsdorf, E., Fackler, P. & Starfield, A.** 2005: "Conserving species in a working landscape: land use with biological and economic objectives". *Ecological Applications*, 15(4), 1387-1401. <https://doi.org/10.1890/03-5423>
- Rockström, J.** 2017: "Managing the global commons: Our world-view, goals and rules need to change in the new, less certain, epoch of the Anthropocene". *Our Planet*, 3, 26-27. <https://doi.org/10.18356/7ea76f4a-en>
- Ruiz-Vásquez, M., Arias, P., Martínez, J. & Espinoza, J.** 2020: "Effects of Amazon basin deforestation on regional atmospheric circulation and water transport towards tropical South America". *Climate Dynamics*, 54, 4169-4189. <https://doi.org/10.1007/s00382-020-05223-4>
- Sandler, T.** 1998: "Global and Regional Public Goods: a prognosis for collective action". *Fiscal Studies*, 19(3), 221-247. <https://doi.org/10.1111/j.1475-5890.1998.tb00286.x>
- Sauer, S.** 2018: "Soy expansion into the agricultural frontiers of the Brazilian Amazon: The agribusiness economy and its social and environmental conflicts". *Land Use Policy*, 79, 326-338. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.08.030>
- Sistema Nacional de Informação sob Saneamento (SNIS) 2013: Série Histórica de dados por Municípios. *Informações e indicadores municipais consolidados*. <http://app4.mdr.gov.br/serie-Historica/> Consulta realizada el 3 de febrero de 2018.
- Sombroek, W.** 2001: "Spatial and Temporal Patterns of Amazon Rainfall". *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, 30(7), 388-396. <https://doi.org/10.1579/0044-7447-30.7.388>
- Sumila, T., Pires, G., Fontes, V. & Costa, M.** 2017: "Sources of water vapor to economically relevant regions in Amazonia and the effect of deforestation". *Journal of Hydrometeorology*, 18(6), 1643-1655. <https://doi.org/10.1175/JHM-D-16-0133.1>
- United Nations World Water Assessment Programme (WWAP). 2015: *The United Nations World Water Development Report 2015: Water for a Sustainable World*. Paris (France), United Nations.
- Val, A., Almeida, V., Fearnside, P., Dos Santos, G., Fernandez, M., Junk, W., Nozawa, S., Da Silva, S. e De Carvalho, F.** 2010: "Amazônia: recursos hídricos e sustentabilidade", em Bicudo, C., Tundisi, J. e Scheuenstuhl, M. (Orgs.), *Águas do Brasil. Análises Estratégicas*. São Paulo (Brasil), Academia Brasileira de Ciências, 95-109.
- Vízy, E. & Cook, K.** 2010: "Influence of the Amazonas/Orinoco plume on the summertime Atlantic climate". *Journal of geophysical research*, 11, 1-18. <https://doi.org/10.1029/2010JD014049>
- World Resources Institute (WRI) 2005: Watersheds of the World 2005. <http://netedu.xauat.edu.cn/jpkc/netedu/jpkc2009/szylyybh/content/wlzy/4/Watersheds%20of%20the%20World%202005.pdf> Consulta realizada el 18 de febrero de 2021.
- Young, R. & Loomis, J.** 2005: *Determining the economic value of water. concepts and methods*. Washington D.C. (United States), Resources for the future-RFF PRES.

Use of Game Theory as a tool for identifying and mitigating conflicts over water use in the area covered by the Estreito HPP - MA - Brazil

Uso de la Teoría de Juegos como herramienta para identificar y mitigar conflictos por el uso del agua en el área cubierta por la UHE Estreito - MA - Brasil

Cristiane Matos da Silva

Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão – UEMASUL

Imperatriz / MA / Brasil

cristiane.silva@uemasul.edu.br

 ORCID: 0000-0002-6416-4413

Otávio Noura Teixeira

Universidade Federal do Pará / Núcleo de Desenvolvimento em Engenharia – NDAE/UFPA

Tucuruí / PA / Brasil

onoura@gmail.com

 ORCID: 0000-0002-7860-5996

Júnior Hiroyuki Ishihara

Universidade Federal do Pará / Núcleo de Desenvolvimento em Engenharia – NDAE/UFPA

Tucuruí / PA / Brasil

jhi@ufpa.br

 ORCID: 0000-0002-0081-7913

Información del artículo

Recibido: 7 diciembre 2020

Revisado: 27 abril 2021

Aceptado: 5 octubre 2021

ISSN 2340-8472

ISSNe 2340-7743

DOI 10.17561/AT.21.5896

 CC-BY

© Universidad de Jaén (España).
Seminario Permanente Agua, Territorio y Medio Ambiente (CSIC)

ABSTRACT

Game Theory (JT) is a mathematical theory that assesses in the strategy games the understanding and interaction of the actors, being an important tool in the identification and analysis of conflicts. Therefore, the objective was to analyze conflicts over water use and propose mitigating measures in the Hydrographic Region of the Middle Tocantins, applying after the identification of possible conflict-generating agents, the JT. This made it possible to identify the conflict scenarios and the degree of intensity in which they occur, varying at high, medium, and low levels. The players reported that many environmental impacts and conflicts could be avoided if communication were better, emphasizing the need to create a basin committee, which will allow greater interaction between users. Therefore, the JT when used as a tool to identify conflict scenarios due to the use of water, proves to be quite effective, enabling the modeling of scenarios to minimize conflicts.

KEYWORDS: Water conflicts, Game Theory, Water management.

RESUMEN

La Teoría de Juegos (JT) es una teoría matemática que evalúa la comprensión e interacción de actores en juegos de estrategia, siendo una importante herramienta en la identificación y el análisis de conflictos. Nuestro objetivo fue analizar los conflictos por el uso del agua y proponer medidas de mitigación en la Región Hidrográfica del Tocantins Medio, aplicando la JT tras identificar posibles agentes generadores de conflictos. Esto permitió identificar los escenarios de conflicto y el grado de intensidad con que ocurren, variando en niveles alto, medio y bajo. Los actores informaron que muchos impactos y conflictos ambientales podrían evitarse si la comunicación fuera mejor, enfatizando la necesidad de crear un comité de cuenca, que permitirá mayor interacción entre los usuarios. Por tanto, la JT, cuando se utiliza como herramienta para identificar escenarios de conflicto por el uso del agua, resulta bastante efectiva, permitiendo la modelización de escenarios para minimizar conflictos.

PALABRAS CLAVE: Conflictos por el agua, Teoría de juego, Administración del Agua.

Utilisation de la Théorie des Jeux comme outil pour identifier et atténuer les conflits liés à l'utilisation de l'eau dans la zone couverte par l'UHE Estreito - MA - Brasil

RÉSUMÉ

La théorie des jeux (JT) est une théorie mathématique qui évalue la compréhension et l'interaction des joueurs dans les jeux de stratégie, étant important pour identifier et analyser les conflits. L'objectif était d'analyser les conflits d'usage de l'eau et de proposer des mesures d'atténuation dans la région hydrographique du Moyen Tocantins, appliquant, après avoir identifié les agents générateurs de conflits, le JT. Cela a permis d'identifier les scénarios de conflit le degré d'intensité dans lequel ils produisent, variant à des niveaux élevés, moyens et faibles. Les « acteurs » ont signalé que de nombreux impacts et conflits environnementaux pourraient être évités la communication était meilleure, soulignant la nécessité de créer un comité de capture, ce permettra une plus grande interaction entre les utilisateurs. Ainsi, JT, utilisé comme outil d'identification des scénarios de conflits pour l'usage de l'eau, s'avère très efficace, permettant la modélisation de scénarios pour minimiser les conflits.

MOTS CLÉS: Conflits liés à l'eau, La théorie des jeux, Gestion de l'eau.

Uso da Teoria dos Jogos como ferramenta para identificar e mitigar conflitos pelo uso da água na área coberta pela UHE Estreito - MA - Brasil

RESUMO

A Teoria dos Jogos (JT) é uma teoria matemática que avalia nos jogos de estratégia a compreensão e interação dos atores, sendo uma importante ferramenta na identificação e análise de conflitos. Portanto, o objetivo foi analisar os conflitos pelo uso da água e propor medidas mitigadoras na Região Hidrográfica do Médio Tocantins, aplicando após a identificação de possíveis agentes geradores de conflitos, o JT. Isso permitiu identificar os cenários de conflito e o grau de intensidade em que ocorrem, variando em níveis alto, médio e baixo. Os "atores" relataram que muitos impactos e conflitos ambientais poderiam ser evitados se a comunicação fosse melhor, ressaltando a necessidade de criação de um comitê de bacia, o que permitirá maior interação entre os usuários. Portanto, o JT quando utilizado como ferramenta para identificar cenários de conflito devido ao uso da água, mostra-se bastante eficaz, possibilitando a modelagem de cenários para minimizar conflitos.

PALAVRAS-CHAVE: Conflitos pela água, Teoria do jogo, Gerência de água.

Utilizzo della Teoria dei Giochi come strumento per identificare e mitigare i conflitti per l'uso dell'acqua nella zona coperta da UHE Estreito - MA - Brasile

SOMMARIO

La teoria dei giochi (JT) è una teoria matematica che valuta la comprensione e l'interazione dei giocatori nei giochi di strategia, essendo uno strumento importante per identificare e analizzare i conflitti. L'obiettivo era analizzare i conflitti sull'uso dell'acqua e proporre misure di mitigazione nella regione idrografica del Medio Tocantins, applicando, dopo aver individuato gli agenti che generano conflitti, il JT. Ciò ha permesso di identificare gli scenari di conflitto e il grado di intensità in cui si verificano, variando tra alti, medi e bassi livelli. I "giocatori" hanno riferito che molti impatti e conflitti ambientali potrebbero essere evitati se la comunicazione fosse migliore, evidenziando la necessità di creare un comitato di cattura, che consentirà una maggiore interazione tra gli utenti. Pertanto, il JT, utilizzato come strumento per identificare scenari di conflitto per l'uso dell'acqua, si dimostra molto efficace, consentendo la modellazione di scenari per ridurre al minimo i conflitti.

PAROLE CHIAVE: Conflitti d'acqua, Teoria del gioco, Gestione delle risorse idriche.

Introduction

Game Theory emerged from the work of French mathematician Antoine Augustin Cournot published in 1838, entitled “*Recherches sur les Principes Mathématiques de la Théorie des Richesses*”¹, and served as the basis for the Game Theory which was originally consolidated by Neumann and Morgenstern in 1944 in the “Theory of Games and Economic Behavior”². It gained notoriety after 1950 when John Nash created the concept known as the Nash Equilibrium, which made it possible to demonstrate that the result in a game cannot be changed from time-to-time by just one of the parties due to the interdependence and collisions already established³.

Game Theory is a mathematical theory which deals with and models competitive situations that involve decision-making processes when one or more “agents” interact with each other⁴. It contributes to better understanding the types of behavior of organizational subjects, especially those who constantly make decisions and whose positive results are essential, since organizations need to create strategic alliances to obtain individual and collective benefits and served as a basis for the Theory of Games⁵.

State that this is a mathematical theory which assesses the understanding and interaction of the players in strategy games, and which aims to help strategic reasoning. In this sense, Game Theory can be an extremely important tool for identifying and analyzing conflicts in several knowledge areas⁶.

In a study on water allocation in the Syrdarya basin, namely Kyrgyzstan and Uzbekistan, used the Theory of Cooperative Games to solve such problems, concluding that this theory can be greatly beneficial in resolving conflicts, provided that the language used is understandable to stakeholders in the process⁷.

In a study on the Langat River basin in Malaysia, worked with the coupled simulation-optimization modeling method based on a combination of system dynamics and Game Theory, with the aim of resolving multi-reservoir and multi-objective conflicts through two different deterministic optimization models with increasing levels of complexity⁸. They identified that

the Game Theory method surpassed the system dynamics method, as it presented substantially better performance in the ability to deal with the dynamics, complexity and uncertainty in the river system.

Report that the literature on the concept of conflict is vast, and many of its aspects have a strong link with the positivist tradition, especially with the perception that conflict is an anomic and dysfunctional element to be removed or tamed⁹. Agree that a conflict is characterized by being multi-causal and multidimensional, and may result from a combination of political and institutional, socioeconomic and environmental factors¹⁰. Therefore, it is natural to have conflicts regarding access, allocation and management of water resources, notably due to their importance for human life, increasing demand and the spatio-temporal variability of supply¹¹.

The conflict can often be linked to the type of occupation and land use. Reported that imprecision in property titles, measuring instruments and the lack of qualified professionals in the region of Córdoba during the first half of the 19th century evidenced the State’s incapacity to guarantee, control and intervene in conflicts which arose around the water¹². This further evidenced that conflicts could occur due to personality differences or past rivalries. It can originate to negotiate before the opportune moment or the necessary information is available¹³.

In a study on the Pong River basin, reports the existence of large industries, water and cellulose mills and sugarcane mills which consume a large amount of water, which consequently becomes a conflicting factor¹⁴. In another study carried out in the Pong river basin, report that the biggest conflicts between water users were found downstream of the Ubonratana reservoir for the Nong Wai irrigation reservoir due to the large amount of water used by the paper and cellulose industry¹⁵.

Describes that the concept of intergovernmental conflict for water refers to any interaction-litigation and jurisdiction which follows an emergency and development process, sometimes hostile, between two or more agents, through multiple acts which are inscribed in a logical causal sequence of events over time¹⁶.

When there is conflict, there is a need to try to find possible solutions to mediate them. Emphasize that the

¹ Fiani, 2015.

² Silva, 2019.

³ Souza & Valentim, 2016.

⁴ Soares & Lira, 2016.

⁵ Oliveira et al., 2018.

⁶ Rocha et al., 2016.

⁷ Melnikovová, 2017.

⁸ Zomorodian et al., 2017.

⁹ Wenzel et al., 2017.

¹⁰ Guedes & Ribeiro, 2017.

¹¹ Amorim, Ribeiro & Braga, 2016.

¹² Ferreyra, 2017.

¹³ Correia, Studart & Campos, 2012.

¹⁴ Chanya, Prachaak & Ngang, 2014.

¹⁵ Apipalakul, Wirojangud & Ngang, 2015.

¹⁶ Rojas-Ramírez, 2018.

use of mediation can improve procedural justice and transfer decisions to conflicting parties¹⁷. The negotiation process emerges as one of the best ways to avoid or minimize potential interstate conflicts, and they emphasize the need to use conflict resolution tools as support for decision-making¹⁸.

Therefore, many factors have been raised based on the need to analyze the reasons which may influence generating conflicts over water use to explain the lack of or minimization of the water level in the Tocantins and Manuel Alves Grande e Pequeno river channels. Among these factors are the constant population demand for water, the generation of hydroelectric power, agricultural and forestry crops, climate change, and the correct destination of solid waste treatments, among others. Thus, this study is a priori based on the principle of investigation through questioning in the cities upstream and downstream of the Estreito (MA) hydroelectric power plant (HPP) to try to explain this conflict in order to address all aspects inherent to the management of water resources, such as its main users¹⁹.

In this context, the trade-off analysis presents itself as a tool which aims to balance the different uses of natural resources based on the construction of scenarios and their possible impacts, thereby enabling to identify the social actors involved, the interests of each social actor, their views, knowledge, and values which are involved in the management system, to then modify it²⁰.

Explain that the trade-off is a flexible analysis which can be modified according to the preferences of the social actors due to new information which can influence the interests of these actors and is built “through the combination of deliberative processes, impact assessment and consensus building”²¹.

Water management in Brazil is a conflict which is historic and involves generating electricity in the reservoirs of hydroelectric plants and other multiple uses of water²². According to, river fragmentation is the biggest impact on a system whose main characteristic is the dynamic flow of its waters and seasonal periodicity²³. The dams fragment habitats, alter biodiversity and prevent reproductive migration of fish, in addition to retaining water, nutrients and sediments, altering the

natural flow of these fundamental elements for the dynamic functioning of a floodplain.

In this context, the Estreito hydroelectric power plant (MA) is present in the médio Tocantins (MA) hydrographic basin area, which is a run-of-river power plant and has a reservoir with sufficient accumulation to provide daily or weekly regularization. Furthermore, according to, it directly uses the affluent flow of water use²⁴. It was inaugurated on October 17, 2012. Authors such as report that the construction of this hydroelectric plant generated numerous discussions and consequent conflicts in the impacted society because there are a countless number of people who live in the surrounding region²⁵. They have a close relationship with the river, mainly in maintaining their food by fishing, and above all in their ebb and flow of producing the subsisting agriculture necessary to maintain their family.

Report that authors such as and confirm the negative effects of hydroelectric projects on the fishing activity of riverside communities²⁶. Another relevant factor pointed out by is that hydroelectric enterprises will cause socio-environmental conflicts through the control and appropriation of natural resources for exclusively private purposes by triggering changes in the environment, as it will suppress the biosphere and the affective and symbolic bonds of the place which had been existing until that time²⁷. Given the above, the objective of this study is to analyze conflicts over water use and propose mitigation measures in the Hydrographic Region in Médio Tocantins by applying Game Theory.

Material and methods

This study was conducted out in eight municipalities located in the hydrographic basin of Médio Tocantins, which has a total area of 70,615.11 km². Approximately 130 km were traveled upstream of the Estreito HPP-MA to carry out information surveys related to conflict identification, comprising the municipalities of Carolina (MA); Filadélfia (TO), Babaçulândia (TO) and Palmas do Tocantins (TO), and 130 km downstream of the Estreito HPP-MA comprising the municipalities of Aguiarnópolis (TO), Estreito (MA), Porto Franco (MA) and Imperatriz (MA) (Figure 1). The choice of this distance

¹⁷ Dhiaulhaq et al., 2017.

¹⁸ Rufino, Lucena & Ribeiro, 2006.

¹⁹ Silva, 2019, 16.

²⁰ Brown, Tompkins & Adger, 2002. Soares & Lira, 2016.

²¹ Policarpo & Santos, 2008. Soares & Lira, 2016.

²² Galvão & Bermann, 2015.

²³ Calheiros, Castrillon & Bampi, 2018.

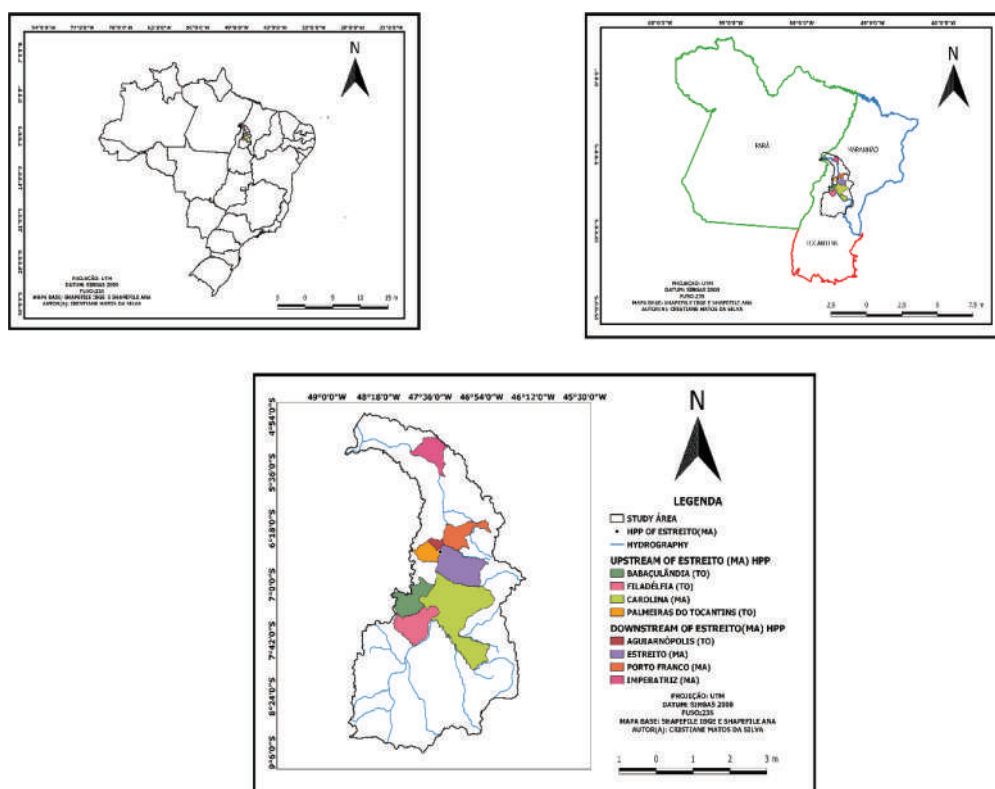
²⁴ ANEEL, 2019.

²⁵ Melo & Chaves, 2012.

²⁶ Agostinho, Gomes & Pelicice, 2007. Carvalho & Marques, 2018. Hess, Ribeiro & Wieprecht, 2016. Magalhães, Silva & Vidal, 2016.

²⁷ Thé & Azevedo, 2018.

Figure 1. Study area and boundary of municipalities



Source: Silva, 2019.

is due to the greater impact of the HPP on the lake coverage area both upstream and downstream.

After delimiting the study area, it was decided to divide the methodology into three stages:

First stage: consisted of identifying the main water users upstream and downstream of the Estreito HPP (MA). To this end, the federal grant data related to the Tocantins and Manuel Alves Grande and Pequeno rivers were collected on the National Water Agency (ANA) website from October 2017 to January 2019 through access to the data available on the HIDROWEB platform (Figure 2).

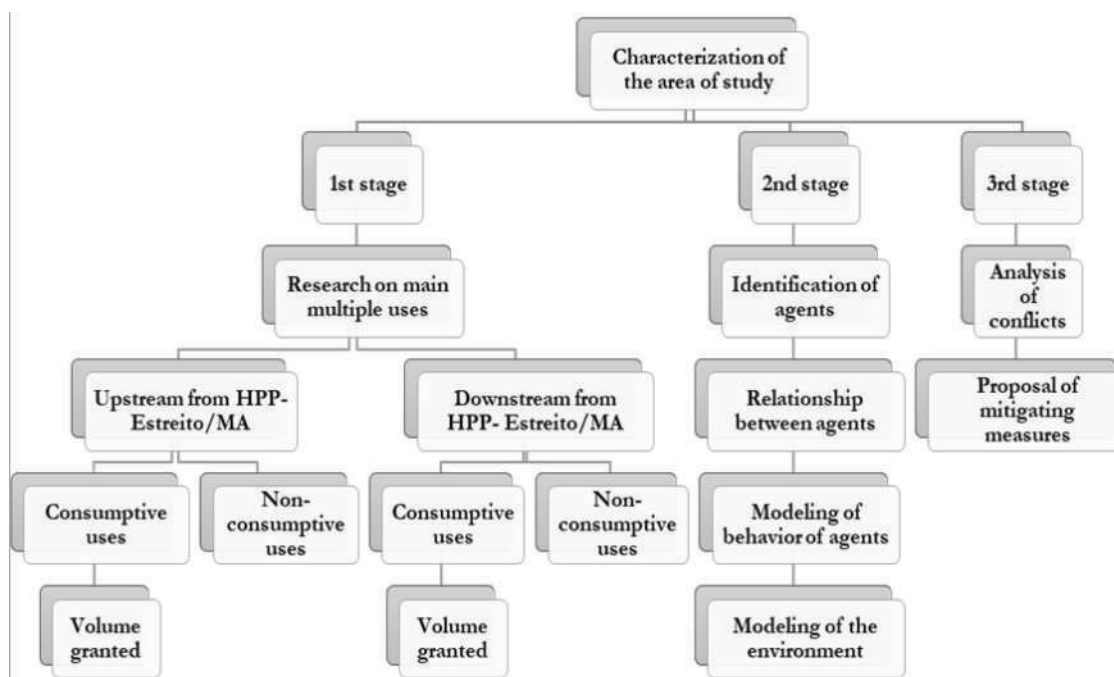
Second step: the “agents” were identified and the interrelation between them, determining how one user sees the other and vice versa; to do so, 50 semi-structured questionnaires were applied upstream and 50 downstream from the Estreito HPP (MA) containing 11 (eleven) questions related to the water uses and conflicts in the basin, aiming to assess the existence or not of conflict over water use in the selected municipalities and also those who are mainly responsible for this conflict in the perception of the interviewees. The questionnaires were applied to the following bodies and entities: State Secretariat for the Environment, City Halls, Agricultural Defense Agencies, the Association and Colony of Fishermen, representatives of the

trade sector, and the community in general. The interviewees were selected at random, taking care in each municipality to interview the same number of people and in the same bodies and entities in aiming to identify possible agents and factors which could directly and indirectly be generating conflict over water use.

In addition, the objective was to listen to the largest number of people who could be directly or indirectly connected to possible conflict scenarios, and then from this research to be able to independently analyze people’s perception of the existence or not of conflict in cities upstream and downstream of the HPP, and to analyze which areas are most sensitive to possible conflicts over water use, to verify the existence or not of similarity of conflicts in the municipalities both upstream and downstream of the HPP, in addition to generating and/or compare existing indices in the design of conflicting areas.

A modeling was subsequently performed with the collection of these data through applying the questionnaires based on an interpretative analysis of the obtained results, aiming to assess the behavior of the environment and identify the main conflicts over water use, thus providing support for completing the third and last stage of this methodology. After analyzing the data obtained by the questionnaires and modeling the environments, it is possible to verify which are

Figure 2. Methodology for analyzing conflicts over water use based on the Game Theory



Source: Silva, 2019.

the main players that will compose the third and last methodological stage.

Third and last step: Game Theory based on the Trade-off model proposed by; and presented by through a stakeholder analysis, multicriteria analysis and consensus building was applied after identifying possible conflict-generating agents to analyze conflicts over water use and its intensity degree, and later to propose mitigating measures^{28,29,30}. The Trade-off model enables integrating qualitative research with quantitative research in a more transparent way, which justifies the choice of this model for applying Game Theory.

Results and discussion

After analyzing the data extracted from the ANA website through the HIDROWEB platform regarding the federal water use grant, it was found that there is a difference in relation to the type of water consumption uses upstream and downstream of the Estreito HPP (BAD). The largest water use upstream was for irrigation, with the main types of systems used being irrigation by conventional system (99.77 %), drip/micro-sprinkler (0.19 %)

and micro-sprinkler (0.04 %). Mentions that irrigated agriculture can promote the following impacts: upstream interfere with dams, channels and transmission lines; downstream, due to the quality and availability of water to users, flora and fauna; contamination by the intensive use of agrochemicals; salinization; surface runoff and erosion, among others³¹. In addition, it can be said that conventional sprinkler irrigation tends to consume more water, since from the moment it simulates artificial rain it tends to be directly influenced by climatic variations such as wind and evapotranspiration. On the other hand, localized irrigation tends to consume a smaller amount of water because it applies small volumes of water under pressure and with high frequency in an extremely limited area.

It was identified that the largest water user downstream from the Estreito HPP (MA) was industrial use, with the paper and cellulose industry followed by the food industry as segments, in addition to other industrial segments. In comparing the main industrial segments which hold water use licenses downstream from the HPP, it is observed that the paper and cellulose industry has the highest percentage of use with 99.55 %, while the food industry has 0.30 %, and other branches of industry 0.15 %.

²⁸ Brown, Tompkins & Adger, 2002.

²⁹ Policarpo & Santos, 2008.

³⁰ Soares & Lira, 2016.

³¹ Schmidt, 2007.

The grant data presented corroborate with other studies already carried out in the country, as they present the largest water users in the irrigation and industry sectors. The volume percentages granted by these sectors in this study were quite similar, meaning that both had a percentage greater than 90 % both upstream and downstream of the dam, which can characterize them as potential conflict agents over water use.

Regarding non-consumptive users, there was a similarity of the Estreito HPP both upstream and downstream with the water use for fishing, leisure and navigation being reported in a percentage equal to 33.33 %.

Reports that the abundance of water in the lakes formed by dams in normal periods of rain and the possibility of opening and closing gates when necessary cover up contradictions and conflicts which only arise in periods of scarcity³². Therefore, when questioning the various bodies and sectors directly or indirectly involved with water use about the possible factors or agents which could generate or be generating conflict by using it in the area covered by the Estreito HPP, it was found that the main conflicting agents found upstream were: the Estreito HPP (30.30 %), followed by the company responsible for public water supply (21.21 %), the municipal public power (18.18 %), the population itself for the indiscriminate use of water (6.06 %),

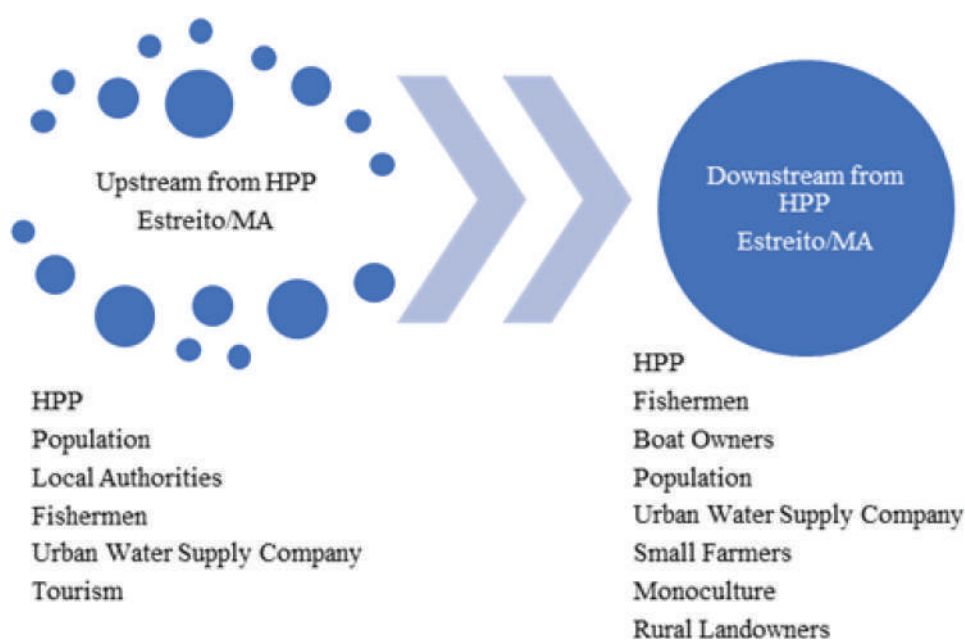
and deforestation (6.06 %). The Municipal Public Power (25.0 %) was indicated as the main cause of the conflict downstream, followed by the Estreito HPP (18.8 %), deforestation (9.4 %), forestry (6.3 %) and the water supply company (6.3 %). Other actors appeared in addition to these tied at 3.1 %, such as irrigation, the environment, artesian wells, lack of rain, river dredges and agriculture as conflict generators. With these results it is also observed that there are several agents which can directly and indirectly cause conflicts over water use.

After identifying these possible agents, applying the Game Theory based on the Trade-off model proposed by; and presented by, led to revealing the main conflict scenarios and their intensity degrees (Figure 4)³³.

In Figure 3 it is possible to observe that it was possible to identify the conflict scenarios and the intensity degree in which each occurs after application of the Game Theory, and varying them, at high, medium, and low levels.

The population, the urban supply company, the municipal agencies and the HPP were one of the scenarios with the highest levels of conflict due to a lack of dialogue between the sectors, high charges for supply rates and urban sanitation, and deficient resource application. These reports show that a high degree of conflict occurs when one or more agents do not dialogue

Figure 3. Main players upstream and downstream of the HPP - Estreito MA

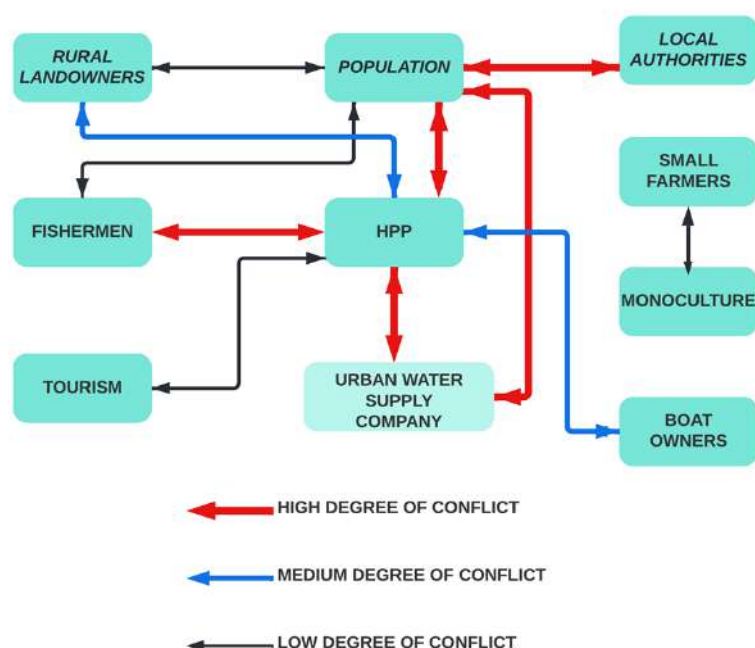


Source: Silva, 2019.

³² Moreira, 2017.

³³ Brown, Tompkins & Adger, 2002. Policarpo & Santos, 2008. Soares & Lira, 2016.

Figure 4. Conflict scenarios identified in the area covered by the Estreito HPP-MA and their respective intensity degrees



Source: Silva, 2019.

efficiently, or when there is no prospect of improving the scenario in the short, medium or long term. For example, the conflict between fishermen and the HPP which occur due to a lack of fish ladders and an increase in fish mortality due to water level variations from regularizing the flow in energy production.

A similar report was found by in the Médio Tocantins hydrographic basin in cities downstream from the Luís Eduardo Magalhães Hydroelectric Plant, which is located approximately 630 km upstream of the Estreito HPP³⁴. The authors of this study report that an alteration in the flood and ebb cycle and inefficient hydrological control intervened in the natural cycle of the river water level due to the constant environmental changes in the post-dam period, which caused a decrease in some varieties of fish species.

A medium degree of intensity occurred when there was a possibility of dialogue between the parties, with prospects for improving the scenario in the short and/or medium term. In this case, the conflicts which presented a medium degree of intensity were between the rural landowners and the HPP due to the prohibition of cultivation on the riverbanks, an activity which was very common before filling the HPP lake. In addition,

conflict between boat owners and the HPP because there is a greater variation in the river elevation with the opening and closing of the floodgates, thereby altering the berthing and navigation locations of boats and ferries, especially during the dry season, causing disturbances with changes in the places for passenger embarkation and disembarkation.

On the other hand, conflict with a low intensity degree were those which provide the understanding through dialogue and minimized conflict scenarios in the short and/or medium term. In the case of this study, the conflicts characterized with a low intensity degree were between landowners and the population; fishermen and the population; tourism and the HPP; and among small farmers and monoculture crops. all of these conflicts can be minimized in a short period of time when there is the possibility of dialogue; therefore, they are less impactful when compared to the other conflict scenarios presented above.

With everything now presented, it appears that Game Theory can be an especially useful tool for identifying agents, scenarios and degrees of conflict over water use, also helping in the possibility of arbitrating and mitigating these conflicts. To this end, it is worth noting that the evaluator's perception of possible agents and conflict scenarios built from Game Theory must

³⁴ Castro & Barros, 2015.

be impartial and suitable to ensure that all players (or agents) have all the possibilities analyzed, so as not to affect injuries which may generate conflicts in a scenario where previously there were none.

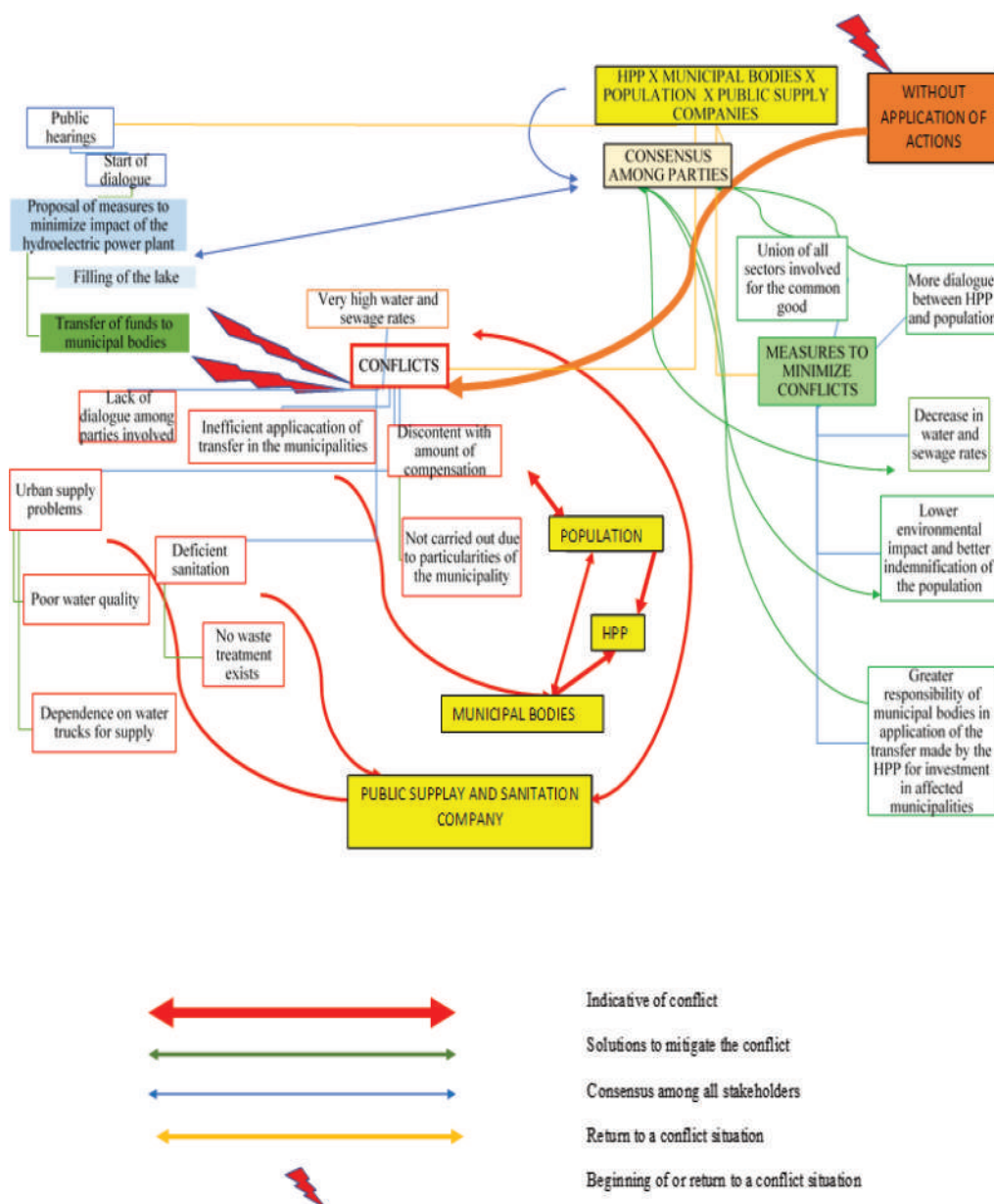
The mechanisms for regulation and management of water resources provided for in Law 9,433/97, which directs the integration and management of water resources, provided the following scenarios when applied in conflict scenarios using Game Theory:

Scenario 1: Conflict between the population and the HPP over the prohibition of drawing water from the hydroelectric lake: If a citizen who wants to draw water

from the river to implement an irrigation system had a grant for use granted by ANA or by the competent environmental agency, there would probably be no conflict. In this case the user would have an official document which authorizes them to perform this activity. Consequently, the HPP would have no reason to prevent the use of water resources (Figure 5).

Scenario 2: Conflict between the population and the urban sanitation company: the urban sanitation company in possession of a water use grant and which applied the charging mechanisms for this use would be obliged to carry out the proper treatment and disposal

Figure 5. Scenario 1 and Scenario 2: Conflict between the HPP, the Municipal Agencies, the Population and the Public Supply Company



Source: Silva, 2019.

of effluents, because this practice would imply in easing the amounts charged for the granting of water use, and consequently generating lower pollution levels of rivers and lower signs of conflict with the population (Figure 5).

Scenario 3: Conflict between the HPP and fishermen: both activities fall into the category of non-consumptive uses, and so they are exempt from being granted. In order to resolve conflicts through the use of grant instruments, it would be necessary for the Basin Water Resources Plan to include the mandatory implementation of a fish ladder in the dam of the hydroelectric plant (for example), in addition to providing restocking of native fish species in case of verification of their decrease and/or extinction, which in turn would alleviate the conflict scenarios (Figure 6).

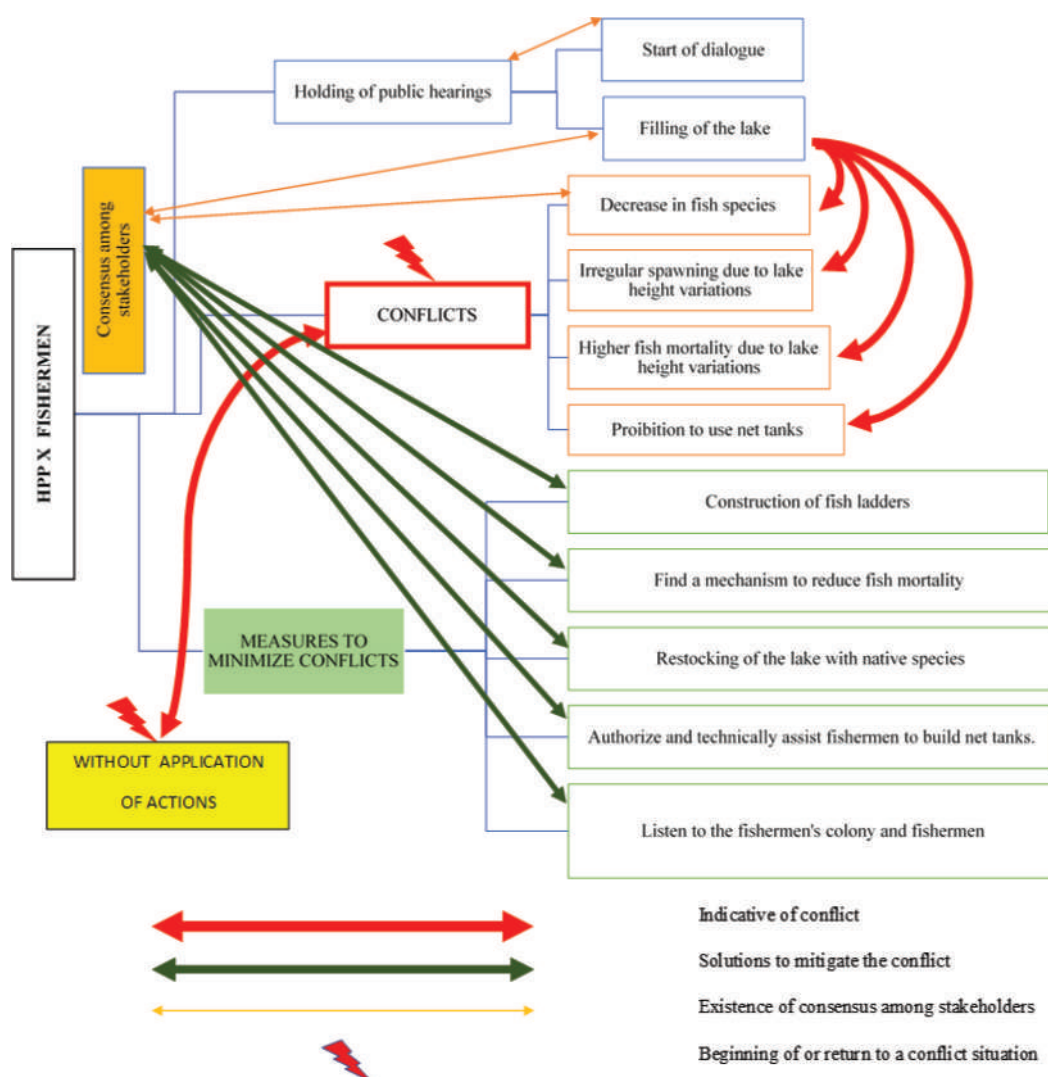
Scenario 4: Conflict between the population and the pig farmers: in application of water resource management and management instruments, pig farmers would

have to carry out the treatment of solid residues from animal waste before discarding them in the environment, as the pollution caused by this activity impacts underground water sources and nearby rivers. Therefore, if the disposal of this residue is foreseen in the Basin Water Resources Plan and the application of inspection with the grant of discharge of effluents, the conflict would be minimized.

There are mechanisms for regulation and management of water resources for this provided for in Law 9,433/97 which direct the integration and management of water resources. A summary of the application of these instruments is provided in Figure 7 in a scenario of consensus and/or conflict over water use which can be used in any hydrographic basin.

In a study on the importance of the instruments of the National Water Resources Policy, states that the integration of these policies with their respective

Figure 6. Scenario 3: Conflict between the HPP and the Fishermen



Source: Silva, 2019.

The importance of the discussion about creating a Hydrographic Basin Committee for Médio Tocantins is emphasized to guarantee conflict mediation and arbitration over the use of water, since this study demonstrated that the lack of dialogue between users is the main trigger of conflicts in the basin both upstream and downstream of the Estreito HPP.

REFERENCES

- ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica.** 2019: *Resolução Normativa N° 425, de 1 de fevereiro de 2011*. <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2011425.pdf> Retrieved October 11, 2020.
- Agostinho, A. A., Gomes, L. C. & Pelicice, F. M.** 2007: *Ecologia e manejo de recursos pesqueiros em reservatórios do Brasil*. Paraná (Argentina), Eduem - Editora da Universidade Estadual de Maringá.
- Amorim, A. L. de, Ribeiro, M. M. R. & Braga, C. F. C.** 2016: "Conflitos em bacias hidrográficas compartilhadas: o caso da bacia do rio Piranhas-Açu/PB-RN". *RBRH [online]*, 21(1), 36-45. <https://doi.org/10.21168/rbrh.v21n1.p36-45>
- Apipalakul, C., Wirojangud, W. & Ngang, T. K.** 2015: "Development of Community Participation on Water Resource Conflict Management". *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 186, 325-330. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.04.048>
- Brown, K., Tompkins, E. L. & Adger, W. N.** 2002: *Making Waves: integrating coastal conservation and development*. London (UK), Routledge.
- Calheiros, D. F., Castrilon, S. I. & Bampi, A. C.** 2018: "Hidrelétricas nos rios formadores do pantanal: ameaças à conservação e às relações socioambientais e econômicas pantaneiras tradicionais". *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*, 9(1), 119-139. <https://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2018.001.0009>
- Carvalho, A. G. & Marques, E. E.** 2018: "Mitigação de injúrias e mortalidade de peixes em turbinas e vertedouros de hidrelétricas: meta-síntese de pesquisas científicas publicadas em periódicos". *Revista Cereus*, 10(4), 45-67. <https://doi.org/10.18605/2175-7275/cereus.v10n4p45-67>
- Castro, V. B. de & Barros, F. B.** 2015: "Depois da barragem tudo mudou: O drama da pesca e dos pescadores artesanais do médio rio Tocantins". *Revista GeoAmazônia*, 3(5), 117-140. <https://doi.org/10.17551/2358-1778/geoamazonia.v3n5p117-140>
- Chanya, A., Prachaak, B. & Ngang, T. K.** 2014: "Conflict Management on Use of Watershed Resources". *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 136, 481-485. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.05.360>
- Correia, C. de A., Studart, T. M. de C. & Campos, J. N. B.** 2012: "Resolução de conflitos em bacias compartilhadas: análise da ferramenta construção de consenso do Global Water Partnership (GWP) aplicada à bacia do rio Poti". *RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 17(4), 183-195. <https://doi.org/10.21168/rbrh.v17n4.p183-195>
- Dhiaulhaq, A., Wiset, K., Thaworn, R., Kane, S. & Gritten, D.** 2017: "Forest, water and people: The roles and limits of mediation in transforming watershed conflict in Northern Thailand". *Forest and Society*, 1(2), 44-59. <https://doi.org/10.24259/fs.v1i2.2049>
- Ferreira, A. I.** 2017: "El agua como factor de conflicto y determinante en el precio de la tierra: Córdoba, Argentina, 1800-1855". *Agua y Territorio / Water and Landscape*, (10), 30-42. <https://doi.org/10.17561/at.10.3607>
- Fiani, R.** 2015: *Teoria dos jogos. Com aplicações em Economia, Administração e Ciências Sociais*. 4ª ed. São Paulo (Brazil), Campus.
- Galvão, J. & Bermann, C.** 2015: "Crise hídrica e energia: conflitos no uso múltiplo das águas". *Estudos Avançados*, 29(84), 43-68. <https://doi.org/10.1590/S0103-40142015000200004>
- Gomes, F. D.** 2018: "A importância dos instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos na efetivação da norma jurídica ambiental". *Revista Educação*, 13(2), 77-85.
- Guedes, M. J. F. & Ribeiro, M. M. R.** 2017: "Aplicação de metodologias de análise de conflito ambiental ao aterro sanitário de Puxinanã (PB)". *Eng. Sanit. Ambient*, 22(1), 81-93. <https://doi.org/10.1590/s1413-41522016147878>
- Hess, C. E. E., Ribeiro, W. C. & Wieprecht, S.** 2016: "Assessing environmental justice in large hydropower projects: the case of São Luiz do Tapajós in Brazil". *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, 37, 91-109. <https://doi.org/10.5380/dma.v37i0.45273>
- Magalhães, S. B., Silva, Y. Y. P. da & Vidal, C. da L.** 2016: "Não há peixe para pescar neste verão: efeitos socioambientais durante a construção de grandes barragens – o caso Belo Monte". *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, 37, 111-134. <https://doi.org/10.5380/dma.v37i0.45595>
- Melnikovová L.** 2017: "Can Game Theory Help to Mitigate Water Conflicts in the Syrdarya Basin?". *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 65(4), 1.393-1.401. <https://doi.org/10.11118/actaun201765041393>
- Melo, B. V. de, Moraes, A. P. de, Florêncio, J. M., Bezerra, G. J. S. de M. & Silva, S. V. de.** 2018: "Gestão de recursos hídricos em reservatórios atendidos pelo projeto de integração do rio São Francisco". *Sustentare*, 2 (3), 80-92. <https://doi.org/10.5892/st.v0i0.5219>
- Melo, N. L. de & Chaves, P. R.** 2012: "A construção da usina hidrelétrica de Estreito e o processo de territorialização do movimento de atingidos por barragens". *MAB. XXI Encontro Nacional de Geografia Agrária. Territórios em disputa: os desafios da geografia agrária nas contradições do desenvolvimento brasileiro. Uberlândia – MG*.

- Moreira, J. F.** 2017: *Direito ao acesso à água: conflitos socio-ambientais na bacia hidrográfica Piranhas - Açu*, tese doutoral, Universidade Federal da Paraíba (UFPB) /Centro de Ciências Exatas e da Natureza (CCEN), João Pessoa (Brazil).
- Oliveira, H. C. C. de, Souza, J. S. F. de, Valentim, M. L. P. & Almeida Júnior, O. F. de.** 2018: "A teoria dos jogos e a mediação da informação: uma proposta de contribuição estratégica para organizações". *Biblios*, 73, 51-64. <https://doi.org/10.5195/biblios.2018.399>
- Passos M. G. dos, Prestes, M. P., Seibt, C. R. & Santos, M. P. V. dos.** 2018: "Potenciais conflitos pelo uso da água na região hidrográfica 2 no estado de Santa Catarina". *Revista de Geografia (Recife)*, 35(5), 55-71. <https://doi.org/10.51359/2238-6211.2018.229372>
- Policarpo, M. A. & Santos, C. R. dos.** 2008: "Proposta metodológica de uma gestão integrada e participativa dos recursos naturais de uso comum: a contribuição da análise trade-off". *Revista de Estudos Ambientais*, 10(2), 71-87.
- Rocha, F. G., Santos, A. F. C., Rosa, D. D. S., Nascimento, R. P. C. do & Júnior, A. P.** 2016: "Game theory-based model for investment decision in strategic planning ICT". *13th International Conference Systems & Technology Management – CONTECSI*. <https://doi.org/10.5748/9788599693124-13CONTECSI/RF-3758>
- Rojas-Ramírez, J. J. P.** 2018: "Analytical model to comprehension about the water intergovernmental conflicts, Lerma basin, México". *Agua y Territorio / Water and Landscape*, (12), 95-104. <https://doi.org/10.17561/at.12.4072>
- Rufino, A. C. da S., Lucena Vieira, Z. M. de C. & Ribeiro, M. M. R.** 2006: "Análise de conflitos em bacias interestaduais". *REGA*, 3(1), 45-56.
- Silva, C. M. da.** 2019: *Análise dos Conflitos pelo uso da água na Bacia Hidrográfica do Médio Tocantins*, dissertação (mestrado), Universidade Federal do Pará, Tucuruí (Brazil).
- Schmidt, W.** 2007: *Agricultura irrigada e o licenciamento ambiental*, tese doutoral, Universidade de São Paulo, Piracicaba (Brazil).
- Soares, J. A. S. & Lira, W. S.** 2016: "Método de análise de conflitos e apoio a tomada de decisão envolvendo a utilização de recursos naturais". *Qualitas Revista Eletrônica*, 17(3), 123-137. <https://doi.org/10.18391/req.v17i3.3133>
- Souza, J. S. F. de & Valentim, M. L. P.** 2016: "Análise da teoria dos jogos aplicada à inteligência competitiva organizacional". *Encontro Nacional de Pesquisa em Ciência da Informação*, 17. UFBA, Salvador (Brasil).
- Thé, A. P. G. & Azevedo, C. L.** 2018: "A lei do mais forte: reflexões acerca das disputas e impactos Socioambientais para "o povo do lugar" expropriados pela UHE de Irapé". *Confluências - Revista Interdisciplinar de Sociologia e Direito*, 20(1), 34-46.
- Wenzel, D. A., Uliana, E. M., Almeida, F. T. de, Souza, A. P. de, Mendes, M. A. dos S. A. & Souza, L. G. da S.** 2017: "Características fisiográficas de sub-bacias do Médio e Alto rio Teles Pires, Mato Grosso". *Revista de Ciências Agroambientais*, 15(2), 123-131. <https://doi.org/10.5327/Z1677-606220172193>
- Zomorodian, M., Hin Lai, S., Homayounfar, M., Ibrahim, S. & Pender, G.**, 2017: "Development and application of coupled system dynamics and game theory: A dynamic water conflict resolution method". *PLoS ONE*, 12(12). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0188489>

Política tarifaria del agua potable: vulnerabilidad, regulación y sostenibilidad en el caso colombiano

Drinking water tariff policy: vulnerability, regulation, and sustainability in the Colombian case

José Andelfo Lizcano Caro

Universidad Distrital Francisco José de Caldas
Bogotá, Colombia


jalizcanoc@udistrital.edu.co

 ORCID: 0000-0003-1537-530X

Ruben Medina Daza

Universidad Distrital Francisco José de Caldas
Bogotá, Colombia

rmedina@udistrital.edu.co

 ORCID: 0000-0002-9851-9761

Sylvia Lorena Serafín González

Universidad Politécnica del Estado de Nayarit
Tepic, México

sylvia.serafin.gonzalez@upnay.edu.mx

 ORCID: 0000-0002-8272-084X

Jesús Rodríguez Rodríguez

Universidad de Guadalajara
Guadalajara, México

jesus_riguez2001@academicos.udg.mx

 ORCID: 0000-0002-8768-4534

Mario Guadalupe González Pérez

Universidad de Guadalajara
Guadalajara, México

mario.gperez@academicos.udg.mx

 ORCID: 0000-0002-5457-5948

Información del artículo

Recibido: 21 enero 2021

Revisado: 22 abril 2021

Aceptado: 24 marzo 2022

ISSN 2340-8472

ISSNe 2340-7743

DOI 10.17561/AT.21.6042

 CC-BY

© Universidad de Jaén (España).
Seminario Permanente Agua, Territorio y Medio Ambiente (CSIC)

RESUMEN

La regulación del consumo de agua potable en Colombia, hasta hace cuatro años, no consideraba en su política tarifaria variables de cambio climático y/o lineamientos nacionales e internacionales en materia hídrico-urbana. Este trabajo plantea, desde una perspectiva sistémico-termodinámica, una reflexión sobre el consumo de agua potable. Para ello, se realizó una revisión normativa y se empleó el modelo Entropía-Homeostasis-Negentropía. Concretamente, fueron considerados 6 estratos socioeconómicos, la dotación hídrica y ubicación geográfica de las ciudades objeto de estudio. Para Bogotá, se evidenció un incremento de la tarifa en el estrato 1 del 58 %, el cual puede considerarse como alto, comparado con Medellín y Cali (53 % y 43 %). En este sentido, los cambios en la resolución CRA/750/2016, consistentes en un nuevo consumo básico de servicios público-domiciliarios de acueducto, tienen una gran incidencia negentrópica en la economía de las familias, sobre todo para los estratos 1, 2 y 3.

PALABRAS CLAVE: Agua potable, Cambio climático, Entropía, Sostenibilidad, Tarifas.

ABSTRACT

Until 4 years ago, the regulation of drinking water consumption in Colombia did not consider climate change variables and/or national and international guidelines on urban water matters in its rate policy. This study proposes from a systemic-thermodynamic perspective to reflect on water consumption, through the normative review and use of the Entropy-Homeostasis-Negentropy model. In this way, the 6 socioeconomic strata, the water endowment, and the geographical location of the cities under study were considered. It was found that for Bogota there is an initial increase for stratum 1 of 58 %, which can be considered high, compared to the cities of Medellín and Cali (53 % and 43 %). In this sense, the changes presented in resolution CRA/750/2016, consisting of a new basic consumption of the household public services of the Aqueduct, have a great negentropic impact on the economy of families, especially for strata 1, 2, and 3.

KEYWORDS: Drinking water, Climate change, Entropy, Sustainability, Tariffs.

Política de tarifa de água potável: vulnerabilidade, regulação e sustentabilidade no caso colombiano

RESUMO

A regulação do consumo de água potável na Colômbia até 4 anos atrás não considerava variáveis de mudança climática e/ou diretrizes nacionais e internacionais sobre questões água-urbanas em sua política tarifária. Este trabalho propõe a partir de uma perspectiva sistêmico-termodinâmica refletir sobre o consumo de água potável; Para isso, foi realizada uma revisão normativa e a utilização do modelo Entropia-Homeostase-Negentropia. Especificamente, foram considerados 6 estratos socioeconômicos, o abastecimento de água e a localização geográfica dos municípios estudados. Para Bogotá, houve um aumento da taxa no estrato 1 de 58 %, o que pode ser considerado alto, em relação a Medellín e Cali (53 % e 43 %). Nesse sentido, as mudanças na resolução CRA/750/2016, que consiste em um novo consumo básico dos serviços públicos do aqueduto, têm grande impacto negativo na economia das famílias, especialmente para os estratos 1, 2 e 3.

PALAVRAS-CHAVE: Água potável, Mudanças climáticas, Entropia, Sustentabilidade, Tarifas.

Politica dei prezzi dell'acqua potabile: vulnerabilità, regolamentazione e sostenibilità nel caso colombiano

SOMMARIO

La regolazione del consumo di acqua potabile in Colombia fino a 4 anni fa non considerava nella sua politica tariffaria variabili di cambiamento climatico e/o linee nazionali e internazionali in materia di acqua-urbana. Questo lavoro solleva da una prospettiva sistemico-termodinamica una riflessione sullo del consumo di acqua in Colombia, attraverso la revisione normativa attuata per garantire l'approvvigionamento e l'utilizzo del modello Entropia-Omeostasi-Negentropia. In questo modo sono stati

considerati i 6 strati socioeconomici, la dotazione idrica e l'ubicazione geografica delle città oggetto di studio. Si è scoperto che per Bogotá si evidenzia un aumento della tariffa per lo strato 1 del 58%, che può essere considerato alto, rispetto alle città di Medellín e Cali (53% e 43%). Le modifiche presentate nella risoluzione CRA/750/2016, consistenti in un nuovo consumo di base di servizi pubblico-domiciliari dell'Acquedotto, hanno una forte incidenza negligente sull'economia delle famiglie, per gli strati 1, 2 e 3.

PAROLE CHIAVE: Acqua potabile, Cambiamento climatico, Entropia, Sostenibilità, Tariffe.

Politique de tarification de l'eau potable: vulnérabilité, régulation et durabilité dans le cas colombien

RÉSUMÉ

La réglementation de la consommation d'eau potable en Colombie jusqu'à il y a 4 ans ne considérait pas dans sa politique tarifaire des variables de changement climatique et/ou des lignes directrices nationales et internationales en matière hydrique-urbaine. Ce travail pose dans une perspective systémique-thermodynamique réfléchir sur la consommation d'eau potable; pour ce faire, une révision normative et l'utilisation du modèle Entropie-Homéostasie-Negentropia a été réalisée. Plus précisément, six strates socio-économiques, la dotation en eau et la localisation géographique des villes étudiées ont été prises en compte. Pour Bogota, on a constaté une augmentation du tarif de la strate 1 de 58%, ce qui peut être considéré comme élevé, comparé à Medellin et Cali (53% e 43%). Les changements apportés à la résolution CRA/750/2016, consistant en une nouvelle consommation des services publics à domicile de l'Aqueduc, ont une forte incidence négative sur l'économie des familles, de les strates 1, 2 et 3.

MOTS-CLÉS: Eau potable, Changement climatique, Entropie, Soutenabilité, Tarifs.

Introducción

Desde una perspectiva sistémica, la expansión habitacional generalmente horizontal ha originado transformaciones en la ciudad y el territorio. Estas modificaciones *in situ* han comprometido muchas veces la sostenibilidad de los recursos agua, suelo, flora, fauna y subsistemas atmosféricos; a tal grado de constituir una irreversibilidad de estado en los sistemas¹.

La irreversibilidad de estado ocurre cuando los sistemas y/o subsistemas se someten a la acción de fuerzas antrópicas que superan la capacidad de carga de los propios sistemas y reducen las probabilidades de regresar a estados iniciales. Por ello, uno de los aspectos que debe abordarse (además del técnico) es el aspecto socio-económico, donde la resiliencia, es decir, la capacidad del sistema para adaptarse a un cambio en el entorno, debe ser estudiada de manera integral (sistémica). Esta interdependencia de los sistemas ecológicos y sociales ha ganado reconocimiento en los sectores académicos desde finales de la década de los noventa². A partir de aquí, el concepto desarrollo sostenible ha evolucionado más allá de sus tres pilares y ha puesto mayor énfasis político en el desarrollo económico; toda vez que este movimiento, denominado como el fetiche del crecimiento, causa gran preocupación en los foros ambientales y sociales globales³.

El propósito de la resiliencia ecológica tiene por tarea evitar nuestra extinción; en otros términos, la resiliencia se refiere a medir las probabilidades de extinción⁴. De esta forma, se vuelve cada vez más evidente en la redacción académica la importancia del medio ambiente en la administración sostenible de los recursos naturales. Asimismo, se afirma que la posibilidad de un desarrollo sostenido se ve incrementada por un *Managing for resilience*⁵, donde el medio ambiente, para ofrecer un conjunto de servicios, debe ser una condición necesaria para que una economía sea sostenible⁶. Esta sostenibilidad solo es sostenible en la medida en que el uso y presión sobre el recurso disminuya, buscando estrategias que permitan generar un cambio en las comunidades urbanas y rurales. De esta manera,

“...se afirma que las acciones deberán orientarse a asegurar el alcance físico real, seguro, constante en cantidad y calidad, como condición mínima de accesibilidad para satisfacer los requerimientos hídricos básicos de todo ser humano”⁷.

En este contexto, la sostenibilidad se ha vuelto prioridad en prácticamente todos los países afectados en mayor o menor grado por el uso irracional de los recursos naturales. De ahí, el *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) ha realizado numerosos estudios sobre vulnerabilidad ante el cambio climático, disponibilidad hídrico-urbana y formas de habitar el territorio, entre otros. Por ejemplo, a nivel global, caudales simulados alrededor de un tercio de los 200 ríos principales del mundo (incluidos el Congo, Mississippi, Yenisei, Paraná, Ganges, Colombia, Uruguay y Níger), han mostrado tendencias significativas en la descarga (45 disminuciones registradas y solo 19 aumentos registrados); es decir, tendencias decrecientes en latitudes bajas y medias consistentes con la sequía y el calentamiento reciente en el oeste de África, el sur de Europa, el sur y este de Asia, el este de Australia, el oeste de Canadá, EE.UU. y el norte de Sudamérica⁸.

Este trabajo utiliza el enfoque de los sistemas, cuyos principios se sostienen en la termodinámica; concretamente, en la segunda ley denominada ley de entropía. En efecto, esta perspectiva pocamente utilizada en estudios de índole urbano presenta una nueva forma de comprender el tema de la gestión de los recursos naturales; dado que, de acuerdo con esta ley, los sistemas (todos) incrementan la entropía o desorden sistémico en función del tiempo ($S = K \log W$). Esta es una característica natural e irreversible del universo físico, que aplica tanto para sistemas vivos (abiertos) como para sistemas no vivos (aislados, cerrados y algunos sistemas abiertos)⁹. Sin embargo, algunos sistemas abiertos tienen la facultad de revertir temporalmente los niveles de entropía, mediante restricciones implementadas en su entorno¹⁰. Estas restricciones tendrían un efecto contrario al desorden natural de los sistemas y estarían identificadas por el concepto negentropía. La negentropía es definida por una expresión isomorfa con la entropía negativa de la termodinámica¹¹.

¹ González; López, 2018.

² Berkes; Folke, 1998.

³ Hamilton, 2010.

⁴ Holling, 1973.

⁵ Folke et al., 2010.

⁶ Perman et al., 2003.

⁷ Belmonte; López; García, 2021.

⁸ Dai, 2012.

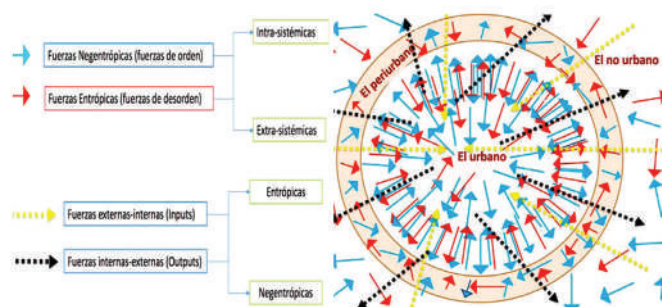
⁹ Cressie, 1991.

¹⁰ Pardo, 1993.

¹¹ Wiener, 1950.

En función de lo anterior, se han desarrollado varios modelos conceptuales para la toma de decisiones en materia urbano-ambiental, cuya lógica sistémico-termodinámica intenta disminuir la entropía a través de negentropía. La mayoría de estos modelos son derivaciones del modelo causa-efecto Presión-Estado-Respuesta (PER) de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos¹². En este sentido, destacan los modelos Fuerza Motriz-Estado-Respuesta (FER); Fuerza Motriz-Presión-Estado-Impacto-Respuesta (DPSIR), Modelo-Flujo-Calidad (MFC); Presión-Estado-Impacto/Efecto-Respuesta (PEI/ER); Presión-Estado-Impacto/Efecto-Respuesta-Gestión (PEI/ERG)¹³ y el modelo Entropía-Homeostasis-Negentropía (EHN)¹⁴. En este último, la ciudad (el urbano) representa el sistema de interés que acciona y reacciona a fuerzas internas y externas, tal y como se muestra en la Figura 1.

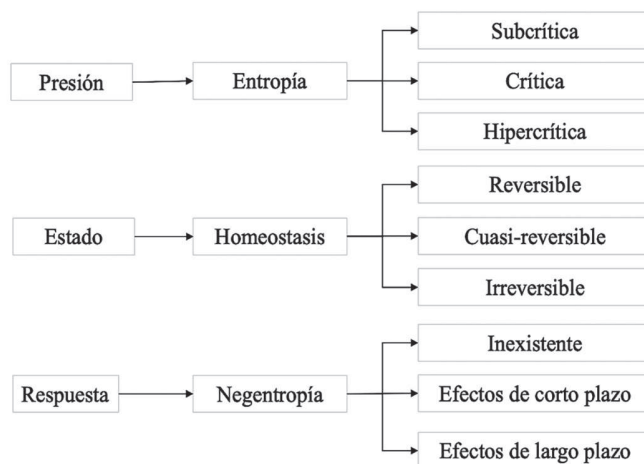
Figura 1. Interacción de fuerzas en los sistemas urbanos



Fuente: González, 2018, 173.

Los sistemas en general se encuentran en una lucha de fuerzas voluntarias e involuntarias de orden y desorden; los de índole urbano, presionan al entorno mediante el consumo y sobre-consumo de la materia y energía necesarias para su funcionamiento. Esta materia y energía es importada en su mayoría de los sistemas no urbanos; por ello, estos reaccionan a la presión y modifican su forma inicial en función de la magnitud de la fuerza (subcrítica, crítica, hipercrítica) y las propiedades particulares de cada sistema (resiliencia). Esta forma modificada (homeostasis) puede revertirse, cuasi-revertirse o no revertirse; ello depende de la respuesta voluntaria o involuntaria implementada en el sistema (negentropía). No obstante, algunos sistemas son más propensos a recuperarse que otros (reversibilidad de estado) y pueden llegar a funcionar más o menos de forma aceptable durante algunos intervalos de tiempo (Figura 2).

Figura 2. Estructura del modelo Entropía-Homeostasis-Negentropía (EHN)



Fuente: González, 2018, 173.

En materia de administración y gestión del agua, la toma de decisiones para el suministro del recurso en las ciudades metropolitanas se ha caracterizado por una desarticulación intrasistémica e intersistémica, a tal grado de configurar una serie de escenarios entrópicos, cuyo común denominador supone la ausencia de una visión sistémica en la planificación. Algunos autores sostienen que la Gestión Integrada de los Recursos hídricos (GIRH) proporcionaría la información o negentropía necesarias para disminuir el desorden sistémico o entropía¹⁵. Sobre todo, porque el agua, además de ser un recurso asequible, vulnerable y sustancial para la vida, juega un papel complejo y multifacético, tanto en los sistemas naturales como en las actividades humanas¹⁶.

En este contexto, el consumo básico de agua potable definido como el proceso que satisface las necesidades esenciales de una familia en el uso del agua, se vuelve prioritario en las políticas del estado. Por ejemplo, en Colombia, la Ley 142/1994 permite subsidiar los estratos bajo-bajo (1) y bajo (2), con porcentajes de hasta el 70 % y 40 % del cargo básico. Las viviendas de estrato medio-bajo (3) pueden recibir subsidios de hasta el 15 %, siempre que la cobertura de agua y alcantarillado supere el 95 %. Esta ley empezó a aplicarse desde 1995, bajo un límite establecido en 20 m³ mensuales por cada suscriptor y sin discriminación de las condiciones climáticas de la región. El objetivo de este trabajo determina desde una perspectiva sistémica el escenario del consumo básico de agua potable en Colombia, a través de una revisión

¹² Rapport; Friend, 1979.

¹³ Polanco, 2006.

¹⁴ González, 2018.

¹⁵ González; Jalomo; Lizcano, 2019.

¹⁶ Ferreyra, 2017.

minuciosa del estudio realizado por la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico (CRA) y el Departamento Nacional de Planeación (DNP), sobre el consumo promedio de los suscriptores residenciales en 18 ciudades capitales del país, el cual ha considerado las variables clima y estrato social en un periodo de 10 años.

Desde 1994, Colombia ha desarrollado un esquema de subsidios cruzados al consumo que aplica a los sectores de agua y alcantarillado, telefonía básica, gas y electricidad (servicios públicos domiciliarios). Aquí, el gobierno ha respaldado este sistema a través de la Ley 142/1994 y sus normas administrativas o técnicas correspondientes. Este conjunto de actos administrativos permite cobrar tarifas inferiores al costo medio de provisión de los hogares económicamente más vulnerables, mediante el cobro de contribuciones a los hogares de mayores ingresos y a los sectores de la industria y el comercio, a través de aportes de la nación, de los municipios y de los fondos sectoriales de solidaridad¹⁷.

La herramienta para la focalización de los subsidios es la estratificación socioeconómica de las viviendas, establecida por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística¹⁸. Aquí, se catalogan seis grupos o estratos, donde el estrato 1 corresponde a las viviendas que por sus características objetivas se identifican y tipifican como las más pobres y en el estrato 6, es decir, en el otro extremo, están las viviendas catalogadas como las más ricas. Sin embargo, el subsidio máximo sobre el consumo de subsistencia es del 70 % para el estrato 1, 40 % para el estrato 2 y 15 % para el estrato 3. Aunque dependiendo de la capacidad económica del municipio y del departamento, puede ser menor o puede no existir el respectivo subsidio. La contribución máxima sobre el consumo total de los estratos 5 y 6 y de los usuarios no residenciales es del 20 %.

Ciertamente, la tarifa facturada debe reflejar los costos de la prestación de los servicios, teniendo en cuenta las reducciones por subsidios o los aumentos por contribuciones, pero a su vez debe permitir la suficiencia y solvencia financiera de la empresa prestadora de los servicios públicos. Dado que los topes establecidos por la ley eran inferiores a los subsidios efectivos vigentes en el momento de su expedición, fue necesario implementar un programa de desmonte gradual de subsidios (plan de pagos para la devolución de recursos), que ha conducido a aumentos en la factura del usuario final. Las empresas de los sectores de energía eléctrica

y telefonía concluyeron el proceso de rebalanceo tarifario en el año 2000; aunque la finalización acabó hasta el 2012¹⁹, debido a que la telefonía y energía eléctrica siguen pendientes en el Plan de Desarrollo del actual gobierno²⁰.

En el sector agua potable, por su parte, el proceso también está inconcluso y las tasas de subsidio y contribución superan con frecuencia los topes de ley. Sin embargo, la Ley 142 establece las competencias y responsabilidades en materia de servicios públicos y determina que estos pueden ser prestados por particulares. En este sentido, entre 2005 y 2015 en el clima cálido se pasó de 19 m³/suscriptor/mes a 15 m³/suscriptor/mes; en clima templado, de 16 a 13 m³/suscriptor/mes y en el clima frío el consumo descendió de 12 a 10 m³/suscriptor/mes²¹. Sin embargo, los subsidios asignados no se modificaron de manera clara, lo que supone una inquietud a desarrollar; es decir, uno de los elementos clave a desarrollar es el aspecto normativo, el cual fundamenta las razones de la implementación de aspectos económicos, políticos, sociales y ambientales (Figura 3).

La ley 373 de 1997 es una de las leyes más importantes en el sector acueducto. Esta promueve el programa para el *Uso Eficiente y Ahorro del Agua*, a partir de la cual se derivan todas las normas que dan cumplimiento a los lineamientos establecidos. Además, dentro de esta norma resalta el artículo sexto que dicta la necesidad de establecer consumos básicos en función de los usos del agua, igualmente les corresponde establecer los procedimientos, tarifas y medidas a tomar para aquellos consumidores que sobrepasen el consumo máximo fijado²².

No obstante, esta ley solo se hace efectiva en la medida en que nuevos decretos y resoluciones la apliquen, en este caso, el decreto 3102 de 1997, el cual da instrucciones al Sector Institucional Oficial y, sobre todo, a las instituciones ambientales, para realizar la instalación, reemplazo o uso de equipos y sistemas e implementos de alto consumo de agua por los de bajo consumo. La aplicación de estas medidas realmente tienen un impacto no muy significativo, pues el consumo en estos sectores es de aproximadamente 12.000.000 m³ de agua anuales, mientras que de acuerdo con el Sistema Único de Información de Servicios Públicos Domiciliarios (en adelante, SUI)²³, el consumo anual de agua tan solo en Bogotá es aproximadamente 300.000.000 m³

¹⁹ Comisión de Regulación de Comunicaciones, 2011.

²⁰ Publímetro, 2018.

²¹ CRA, 2016.

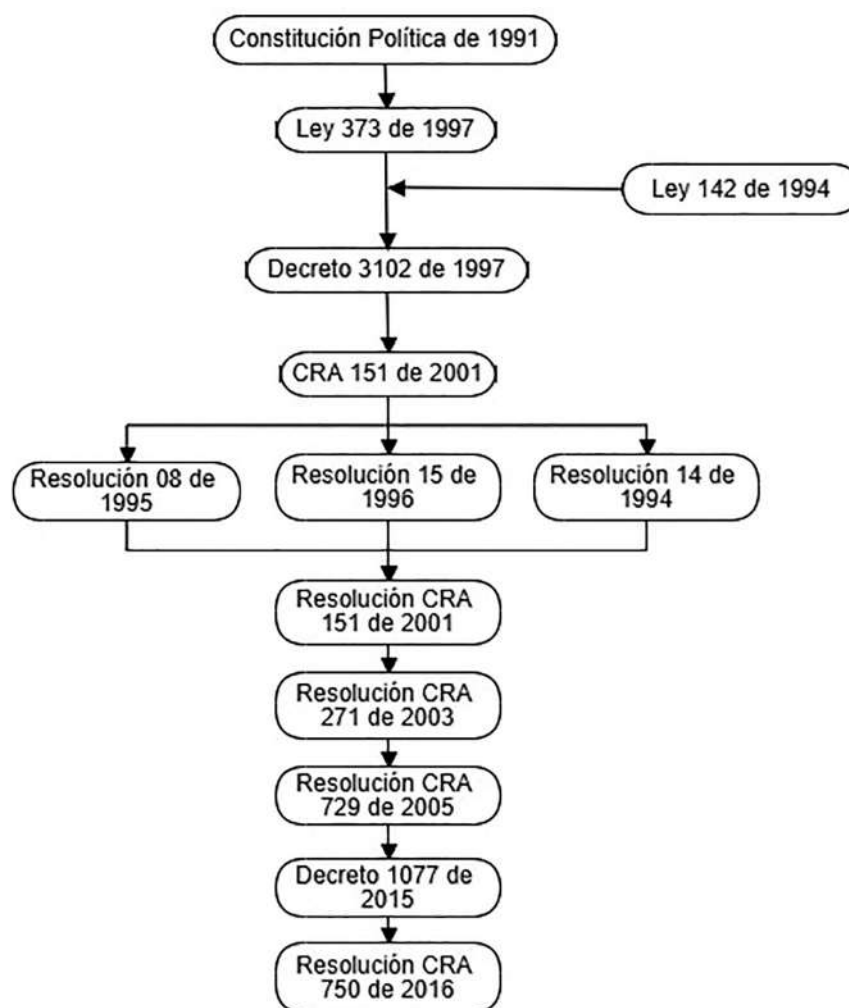
²² Congreso de Colombia, 1997.

²³ SUI, 2018.

¹⁷ Meléndez; Casas; Medina, 2004.

¹⁸ Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), 2018.

Figura 3. Estructura de los antecedentes de la norma hasta la consecución de la Resolución CRA/750/2016



Fuente: elaboración propia.

(Gráficos 1, 2 y 3). En suma, se requiere de mayores medidas que promuevan el ahorro y/o uso eficiente del agua²⁴.

Siguiendo con el esquema normativo planteado por la autoridad sanitaria y ambiental, se tiene la Resolución CRA/151/2001, la cual establece la regulación integral de los servicios públicos de Acueducto, Alcantarillado y Aseo, que toma como principios fundamentales los establecidos en la Ley 142 de 1994, que trata toda la reglamentación de contratación. Asimismo, la norma articula todas las variables generales que se pueden considerar en la aplicación de tarifas; donde, probablemente, la más importante es la variación climática. Esta norma sienta toda la base de justificación de su aplicación, puesto que la disponibilidad de agua se ha visto notablemente afectada por fenómenos asociados al cambio

climático. Aquí, la variación climática en la zona norte de Sudamérica, muestra una tendencia a un aumento de las precipitaciones en la zona occidental, hacia el Pacífico, mientras que la Orinoquía es la que se ve mayormente afectada con disminuciones hasta del 10 %²⁵. En la Figura 4, de acuerdo con datos del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC)²⁶, se observan tonalidades que indican el cambio medio en 5 Modelos de Circulación General (GCM) y 11 Modelos Hidrológicos Globales (GHM). La saturación muestra el acuerdo sobre el cambio en las 55 combinaciones de GHM-GCM²⁷.

Estos cambios se traducen en vulnerabilidad para la población, que hace necesario la implementación de normas de regulación del consumo, a través de modelos de predicción de la demanda de agua potable (Figura 5).

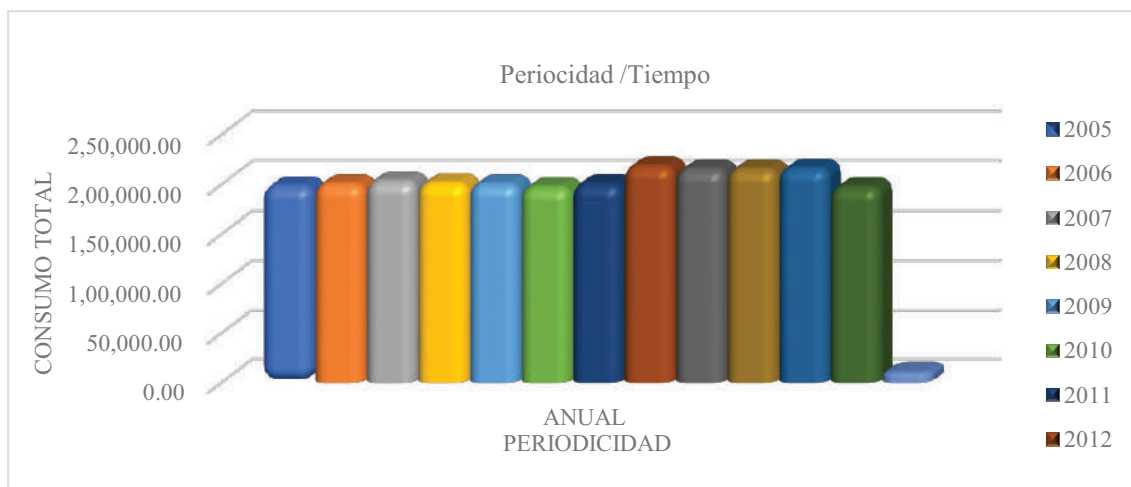
²⁵ Marengo et al., 2014.

²⁶ IPCC, 2014.

²⁷ Levermann et al., 2009.

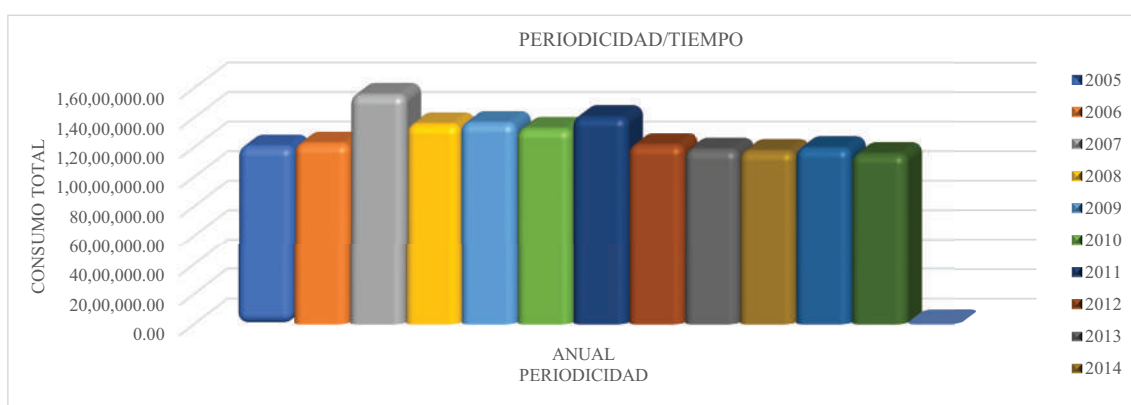
²⁴ Ministerio de Medio Ambiente, 1997.

Gráfico 1. Consumo de agua potable (en m³) en Bogotá por sector no residencial



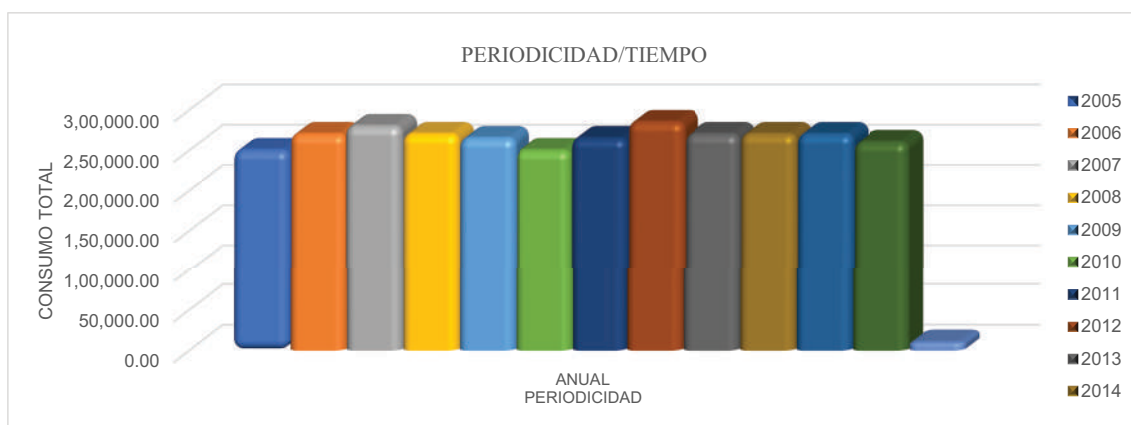
Fuente: elaboración propia con base en SUI, 2018.

Gráfico 2. Variación del consumo de agua potable (m³) en la ciudad de Bogotá por sector oficial



Fuente: elaboración propia con base en SUI, 2018.

Gráfico 3. Variación del consumo de agua potable (m³) en la ciudad de Bogotá

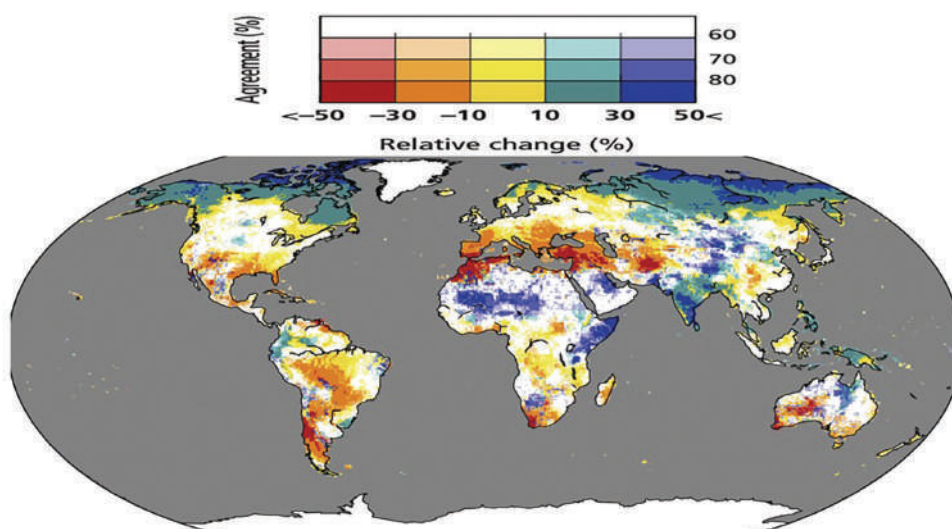


Fuente: elaboración propia con base en SUI, 2018.

En estos modelos predictivos de variación de temperatura se exponen dos escenarios: los escenarios menos comprometedores (B2 ECHAM4 y A2 ECHAM4) que no afectan, salvo a ciertas regiones de la zona atlántico,

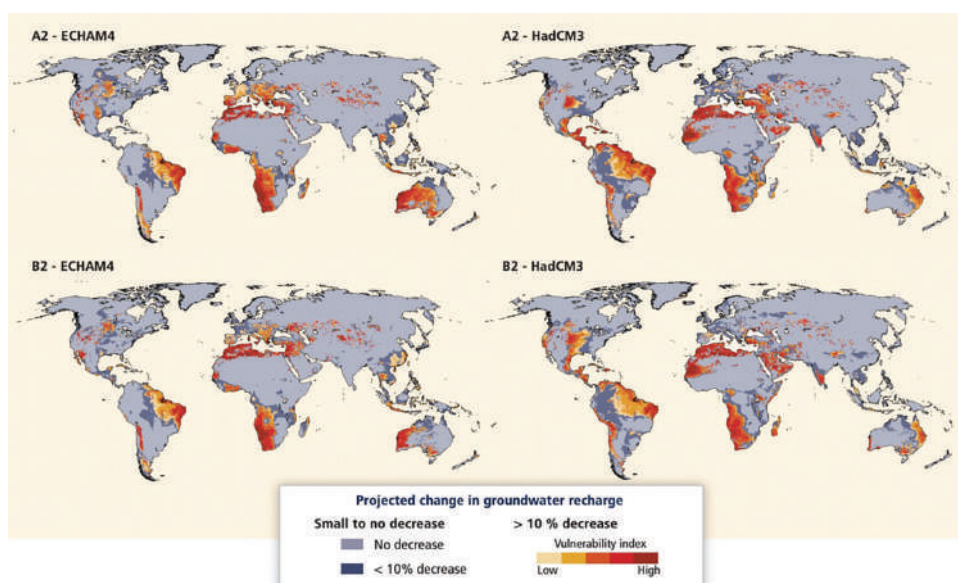
y los escenarios menos optimistas (A2 HadCM3 y B2 HadCM3), que afectan a la cordillera central y a la región de los Santanderes, extendiéndose hacia el centro del país.

Figura 4. El caudal asociado a un aumento de temperatura (1980-2010).



Fuente: IPCC, 2014.

Figura 5. Modelo de proyección de agua



Fuente: IPCC, 2014.

Materiales y métodos

Este trabajo fue estructurado en tres etapas:

1. En un primer momento, se revisa a través del análisis de contenido, el panorama global en materia hídrico-urbana, la influencia del cambio climático y la implementación de directrices de sostenibilidad relacionadas con el recurso agua. Asimismo, fueron examinadas las acciones que ha realizado Colombia en materia normativa para garantizar el abasto a su población.

2. Posteriormente, es analizado el marco normativo que ha arrojado confusiones en la asignación de tarifas.
3. Finalmente, se reflexionan las alternativas de solución a través del modelo sistémico-termodinámico EHN.

Para llevar a cabo el análisis de la resolución y sus implicaciones a nivel técnico, social y administrativo, se estudiaron las normas precedentes y aquellas que la complementan; igualmente, se revisaron los antecedentes de consumos con el fin de correlacionar la

información con los estudios presentados por la Corporación Autónoma Regional y el estudio realizado por la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico y el Departamento Nacional de Planeación. En este contexto, una vez validada la información presentada por las autoridades ambientales, se buscaron registros acerca de la implementación de la norma y las transiciones que dieron lugar en municipios y ciudades; trazando el parámetro de distorsiones sociales como eje transversal de las búsquedas. Por último, se indican una especie de recomendaciones para la emisión de normas asociadas con las modificaciones en el consumo básico y futura implementación.

La resolución CRA/750/2016 tiene como fin modificar el rango de consumo básico, así como definir el uso complementario y suntuario, para contribuir al uso eficiente y racional del recurso hídrico. Estos cambios en los consumos se presentaron para los servicios públicos domiciliarios de acueducto y alcantarillado, y se establecieron en función de la altura sobre el nivel del mar de la ciudad o municipio de la siguiente manera:

- Ciudades y municipios con altitud promedio por encima de 2.000 metros sobre el nivel del mar. El consumo básico que se fija es 11 m³ mensuales por suscriptor facturado.
- Ciudades y municipios con altitud promedio entre 1.000 y 2.000 metros sobre el nivel del mar. El consumo básico que se fija es de 13 m³ mensuales por suscriptor facturado.
- Ciudades y municipios con altitud promedio por debajo de 1.000 metros sobre el nivel del mar. El consumo básico se fija en 16 m³ mensuales por suscriptor facturado.

Para realizar el cambio en el rango de consumo anteriormente señalado, se implementó un periodo de progresividad en la aplicación, realizado por las personas prestadoras de los servicios públicos domiciliarios de acueducto y alcantarillado, teniendo en cuenta la altura sobre el nivel del mar de las ciudades y el municipio. Para ello, se consideraron datos de la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico y el seguimiento a la modificación del rango de consumo básico²⁸, como se representa en la Tabla 1.

La puesta en marcha de esta resolución debe tener en cuenta que las personas prestadoras de los servicios públicos domiciliarios de acueducto y alcantarillado,

Tabla 1. Fechas periodo de progresividad Consumo Básico.

Fechas Periodo de Progresividad Consumo básico	Consumo básico (m ³ / suscriptor mes)			
	1 mayo, 2016	1 enero, 2017	1 julio, 2017	1 enero, 2018
Ciudades y municipios con altitud promedio por encima de 2000 msnm.	17	15	13	11
Ciudades y municipios con altitud promedio entre 1000 y 2000 msnm.	18	16	14	13
Ciudades y municipios con altitud promedio por debajo de 1000 msnm.	19	18	17	16

Fuente: CRA, 2018.

facturen bimestralmente los consumos básicos en su periodo de facturación correspondiente al mes de mayor número de días facturados. También, las personas prestadoras informan a los suscriptores a través de la factura y el nivel de consumo básico del siguiente periodo de facturación.

Resultados

Teniendo en cuenta que las nuevas tarifas se rigen según el piso térmico, es necesario identificar los cambios para las principales ciudades, los cuales se observan en las Tablas 2, 3 y 4, en donde hay una reducción cercana al 45 % de consumo para cada ciudad. Aquí, de acuerdo con datos de la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico y del Catálogo de Metadatos del sistema de información ambiental (IDEAM)²⁹, la norma se torna confusa si se ajustan las tarifas pero no los subsidios de consumo.

Tabla 2. Ciudades con altitud promedio por encima de 2000 m.s.n.m

Principales ciudades de Colombia		
Ciudad	Piso térmico (m.s.n.m)	Consumo Básico Nuevo (m3/suscriptor/mes)
Bogotá	2640	11
Tunja	2822	
Manizales	2200	
Pasto	2527	
Total ciudades		4
Total ahorrado por ciudad (%) suscriptor/mes		45

Fuente: Resolución CRA/750/2016.

²⁸ CRA, 2018.

²⁹ Geoservicios IDEAM, 2018.

Tabla 3. Ciudades con altitud promedio entre 1000 y 2000 m.s.n.m

Principales ciudades de Colombia		
Ciudad	Piso térmico (m.s.n.m)	Consumo Básico Nuevo (m³)
Medellín	1495	
Cali	1018	
Armenia	1551	13
Pereira	1411	
Ibagué	1285	
Total ciudades		5
Total ahorrado por ciudad (%) suscriptor/mes		35

Fuente: Resolución CRA/750/2016.

Tabla 4. Ciudades con altitud promedio por debajo de 1000 m.s.n.m

Principales ciudades de Colombia		
Ciudad	Piso térmico (m.s.n.m)	Consumo Básico Nuevo (m³)
Riohacha	5	
Valledupar	168	
Montería	18	
Sincelejo	213	
Quibdó	43	
Florencia	242	
Mocoa	604	
Puerto Inírida	95	
San José del Guaviare	175	
Mitú	183	
Cartagena	2	16
Barranquilla	18	
Villavicencio	467	
Bucaramanga	959	
Cúcuta	320	
Leticia	96	
Yopal	390	
Neiva	442	
Arauca	132	
Santa Marta	15	
Puerto Carreño	51	
San Andrés	31	
22	Total ciudades	
Total ahorrado por ciudad (%) suscriptor/mes		20

Fuente: Geoservicios IDEAM, 2018.

Este cambio en la disminución del consumo básico de servicio de acueducto y alcantarillado en el país conlleva consecuencias económicas para la población, puesto que en primera medida involucra el subsidio brindado para estos servicios, afectando cerca de 9 millones de suscriptores y 30 millones de usuarios de los estratos 1, 2 y 3. Por ello, se presentó una demanda de nulidad para la resolución 750 de 2016, que emitió la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico (CRA). Esta resolución de la CRA está orientada a incentivar el uso eficiente y ahorro de agua; sin embargo, sanciona a la población más vulnerable de los estratos 1, 2 y 3, sin aplicarle la misma medida a los estratos 5 y 6, que son los que consumen más agua, mientras que los estratos bajos son los que más ahorran. Argumentando esta medida, tampoco influye en el consumo básico de los sectores industriales y los comerciales, que presentan un importante consumo. En suma, se compromete el principio de igualdad³⁰.

El nuevo valor del consumo básico es establecido por la CRA teniendo en cuenta la variable suscriptor, lo cual es contradictorio frente a otras normas que expresan esta variable como usuarios, como se evidencia en el artículo 99 de la Ley 142 de 1994, donde se coloca el término usuarios. Otro ejemplo es el artículo 7 de la Ley 373 de 1997, que expresa el término de usuarios y finaliza en la resolución CRA/151/2001, la cual indica que el consumo básico está destinado para satisfacer las necesidades esenciales de consumo para las familias.

Lo anterior identifica que el estudio realizado para el nuevo consumo básico, de acuerdo con el Centro Nacional de Consultorías³¹, no tiene en cuenta lo establecido en las normas, debido a que utiliza el término usuarios, que es diferente al término suscriptores. Además, hace énfasis a la nomenclatura urbana por casa sin tener en cuenta el tamaño o las costumbres sociales y culturales de la familia, que alteran el consumo que se utiliza en cada vivienda y su bienestar socio-económico (Gráfico 4).

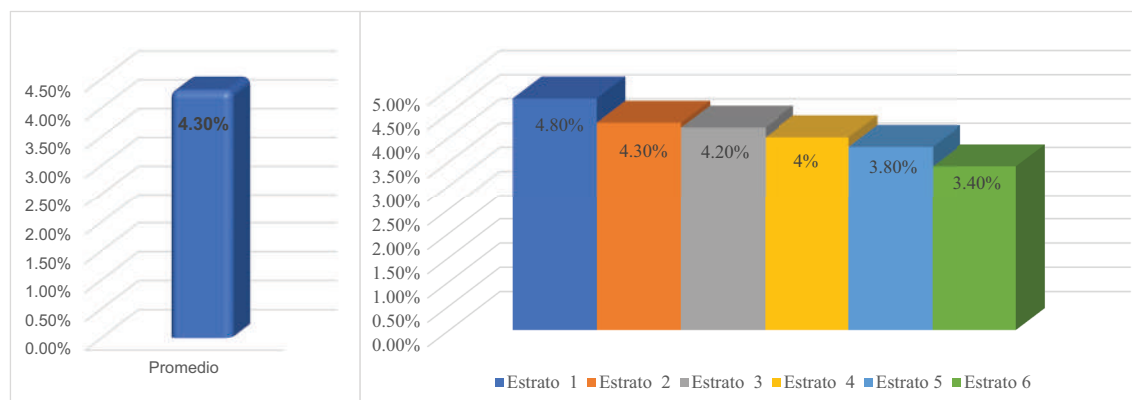
El Gráfico 4 tomó una base de encuestados de 1.018 usuarios en las ciudades de Bogotá, Medellín, Cali y Barranquilla, realizada vía telefónica tipo CATI, donde el cambio es notorio entre extremos de estratos bajos y altos. Aquí, la tendencia es disminuir; es decir, el tamaño es una variable determinante. De tal manera, como se observa en la Tabla 5, los cambios generados para el estrato 1 en las ciudades de Medellín, Bogotá y Cali, tienen aumentos considerables en el incremento de la factura, teniendo en cuenta el nuevo consumo básico³².

³⁰ El Nuevo Siglo, 2017.

³¹ Centro Nacional de Consultorías, 2012.

³² Congreso Visible, 2017.

Gráfico 4. Variación de tamaño de familia según el estrato



Fuente: elaboración propia con base en el Centro Nacional de Consultorías, 2012.

Tabla 5. Ejemplo para estrato 1, incremento de la factura con el nuevo consumo básico

Ciudad	Piso Térmico	1 enero 2017	1 julio 2017	1 enero 2018
		Aumento consumo básico (%)	Aumento consumo básico (%)	Aumento consumo básico (%)
Bogotá	Mayor de 2000 msnm	15 m ³	13 m ³	11 m ³
		58%	82%	105%
Medellín	Entre 1000 y 2000 msnm	16 m ³	14 m ³	13 m ³
		30%	45%	53%
Cali	Menor de 1000 msnm	18 m ³	17 m ³	16 m ³
		21%	32%	43%

Fuente: Congreso Visible, 2017.

Para la ciudad de Bogotá, se evidencia un incremento inicial de la aplicación de la nueva tarifa del consumo básico para el estrato 1 de 58 %, el cual se puede considerar como alto, comparado con las ciudades de Medellín y Cali. Estas ciudades consideran para la primera fecha de aplicación del nuevo consumo el incremento en las tarifas entre el 21 % y el 30 %, respectivamente. En ambas, el incremento del consumo básico aumenta sin grandes variaciones, siendo en Medellín de 53 % y en Cali de 43 %. Estos valores de aumento son de importancia, ya que en el caso de Medellín superan el 50 % de incremento y para Cali está muy cerca de llegar a ese porcentaje, siendo elevados estos aumentos que afectan considerablemente a los habitantes de estas ciudades que están en este estrato.

Por otro lado, para la ciudad de Bogotá, el aumento en los costos para los habitantes de estrato 1 son excesivamente altos teniendo en cuenta los cambios en el consumo básico en su etapa final, que es de 11 m³, siendo del 105 % el aumento que se identifica para los usuarios, teniendo una gran incidencia en su economía. Esta determinación de

la CRA para el cambio del consumo básico en el servicio de acueducto y alcantarillado para el país, disminuye casi en un 50 % los metros cúbicos que se subsidian para el estrato 1, 2 y 3 a nivel nacional. Esta es una medida exagerada, debido a que la meta de ahorro para estos estratos se cumplió. Por esta razón, no existe una justificación para estos aumentos, siendo la única que puede tener otras variaciones en el control del consumo para evitar desperdicios del recurso hídrico.

Considerando los valores de la Tabla 5, en la cual se toma como ejemplo la variación en el aumento del consumo básico para la ciudad de Bogotá para el estrato 1, se identifica que la factura tendrá un incremento del 58 % para la primera etapa en el cambio del consumo básico, que es de 15 m³, teniendo en cuenta un consumo de 20 m³ y un incremento de 32.000 pesos colombianos (cerca de 9 dólares americanos).

Por otro lado, para el cambio final, que son 11 m³ para el caso de Bogotá, el aumento es del 105 %, es decir 56.500 pesos colombianos (poco más de 15 dólares americanos). Según la Secretaría de Hábitat del Distrito, esta medida afectaría a 378.473 familias de los estratos 1, 2 y 3, que representan el 28 % del total de los usuarios de la Empresa de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de Bogotá (E.S.P.). Otro efecto que se identifica al cambiar el consumo básico, se evidencia en los hogares

comunitarios de Bienestar Familiar, que benefician a más de 1,2 millones de niños en el país, los cuales se verían perjudicados al ser clasificados en el estrato 1 y, observando el ejemplo anterior del aumento considerable en costos, se ven afectados con esta medida.

Es importante mostrar la evolución en la densidad poblacional por hogar, en tanto las casas y apartamentos son los inmuebles objeto de estratificación socioeconómica. En los años noventa, Planeación Nacional estimaba un promedio de 4,5 personas por familia. En la Tabla 6, se observa que a mediados de la década del 2000, se redujo a 3,5 personas; mientras que en 2018, el estimativo pasó a cerca de 3 individuos por hogar, lo cual ilustra la reducción del tamaño de los hogares.

Tabla 6. Número de viviendas y personas por familia en Bogotá, 2005 al 2018

Concepto	Censo general 2005	Censo Nacional de Población y Vivienda 2018
Viviendas	1,762,685	2,294,811
Hogares	1,931,372	2,446,244
Personas	6,740,859	7,019,847
Personas por Hogar	3.5	2.9

Fuente: elaboración propia con base en DANE, 2018.

Discusión

La implicación en los subsidios de la nueva medida en el cambio del consumo básico no han afectado de manera directa, ya que estos no se van a eliminar; toda vez que el propósito de la nueva medida que el Gobierno Nacional está implementando tiene como objetivo el ajuste del rango del consumo básico que actualmente tiene el país, basándose en la reducción del consumo. En otros términos, el análisis del consumo promedio de los usuarios residenciales realizado por la Comisión de Regulación de Agua Potable y el Departamento Nacional de Planeación durante un periodo de diez años en las 18 ciudades capitales, ha representado el 72 % de los usuarios reportados en Colombia que cuentan con el servicio de acueducto.

Lo anterior arroja que el consumo promedio de los usuarios residenciales ha tenido una disminución, que indica que los habitantes de Colombia satisfacen sus necesidades con una cantidad menor de agua, comparando el consumo básico que anteriormente se utilizaba. De esta manera, los estratos 1, 2 y 3 siguen con el beneficio del subsidio para el consumo básico con un rango menor, teniendo en cuenta las nuevas condiciones de

consumo que el país presenta actualmente. Así, uno de los principales beneficios para el cambio en el consumo básico en el servicio de acueducto es incentivar el uso racional y eficiente del agua, para consumir lo necesario, permitiendo disminuir la presión sobre el recurso hídrico y lograr mayores posibilidades de acceso y disponibilidad de agua para el abastecimiento de la población.

Otro beneficio que destacan es contar con mayores recursos financieros para la población que requiere subsidios, ya que se dejaría de cubrir con este beneficio a los usuarios que tengan un consumo innecesario de agua. También resalta el hecho de que los escenarios climáticos utilizados en el marco de la segunda Comunicación de Cambio Climático de Colombia muestran tendencias a un aumento de la temperatura media y a una modificación de las condiciones hidrológicas con reducción de las precipitaciones en algunas regiones de hasta un 30 %. Efectivamente, en muchos de los pequeños y medianos municipios, como el caso de Piedecuesta (Santander), las tarifas de bastantes hogares han incrementado hasta en un 50 %, debido a que la aplicación no fue precedida de una campaña de ahorro y uso eficiente que acompañara a los habitantes en la transición del régimen tarifario³³.

En este contexto, cabe resaltar que es notable en municipios en donde si bien, hay alturas superiores a los 1.000 m.s.n.m, las temperaturas son considerablemente altas, como es el caso de algunos de los municipios de los departamentos de Santander, Norte de Santander y el Norte de Boyacá, que oscilan entre los 20°C y los 23°C. Por tanto, las medidas para disminuir el consumo pasan a ser medidas correctivas, que surtirán efecto en el corto y mediano plazo, haciendo que esa adaptación sufra un eventual efecto de resiliencia, puesto que va a llevarse a cabo mientras son afectados por las tarifas del nuevo consumo básico, de modo que van a tener que aprender sobre el camino. Sin duda, es una lección que se debe aprender a partir de estos modelos³⁴.

En función de lo anterior, es posible reflexionar desde una perspectiva sistémico-termodinámica el consumo básico de agua potable en Colombia; es decir, ¿qué fuerzas presionan al sistema de provisión, al sistema social (usuarios) y a los sistemas hídricos?, ¿en qué fase de estado se encuentran estos sistemas (homeostasis)?, ¿a partir de la iniciativa de ley que regula el consumo, qué efectos negentrópicos se ha tenido? (Tabla 7).

³³ Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (UNDP), 2018.

³⁴ Morales, 2018.

Tabla 7. Escenario del consumo de agua potable desde el modelo EHN en Colombia

	Entropía	Homeostasis	Negentropía
Sistema de provisión del recurso hídrico	Aumento de las inversiones en infraestructura	Desarticulación intrasistémica e intersistémica	Planificación sistémica de los recursos a largo plazo
Sistema social	Marcos normativos que repercuten en los costos de los usuarios por el consumo hídrico	Incremento en las tarifas Acotamiento del subsidio para los estratos más bajos	Racionalización del consumo Concientización sobre el cuidado y cultura del agua Política pública integral del agua
Sistemas hídricos	Racionalización del consumo Concientización sobre el cuidado y cultura del agua Política pública integral del agua	Incremento en las tarifas Acotamiento del subsidio para los estratos más bajos	Racionalización del consumo Concientización sobre el cuidado y cultura del agua Política pública integral del agua

Fuente: elaboración propia.

Conclusiones

La variable climática se introdujo en la regulación desde la perspectiva de los pisos térmicos, con diferencias territoriales en alturas superiores a 2.000 metros, entre 1.000 y 2.000 metros y por debajo de los 1.000 metros. La incorporación de otros fenómenos climáticos, asociados a predicciones de fenómenos como el del niño y la niña, son objetos de estudios actuales, para inclusión en próximos periodos tarifarios.

Por ello, si bien a las estructuras tarifarias se han incorporado tasas por uso del agua y por vertimientos de cargas contaminantes, para buscar la protección de cuencas y fuentes de agua, las tarifas pueden incorporar inversiones ambientales.

Este estudio evidencia que el consumo promedio de agua en hogares ha disminuido. En este sentido, de acuerdo con la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico de Colombia, y teniendo en cuenta esta variación y sugerencias de Organizaciones Internacionales sobre el uso y ahorro del agua, se han establecido nuevos rangos para el consumo básico por suscriptor, considerando los pisos térmicos. Es decir, la Comisión de Regulación asume esta medida, mediante el artículo 80 de la Constitución Política de 1991, la cual señala que es deber del estado planificar el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales y garantizar su desarrollo sostenible, conservación, restauración o sustitución³⁵.

La reducción del consumo de agua en Bogotá en un caso interesante, destacado por Naciones Unidas, pues es una de las grandes metrópolis donde el uso del agua por hogar se ha reducido notablemente. Tal como se describe en la Resolución CRA 76 de 1996, el consumo promedio bimestral de la ciudad, en 1996, era de

52,5 m³; ya para 1998, se redujo a 42,7 m³. Ello se explicó por el derrumbe parcial de los túneles de Chingaza y por las campañas nacionales y mundiales sobre el uso eficiente del agua.

También, dicha reducción estuvo influida por el efecto de la elasticidad precio de la demanda del recurso hídrico, considerando que las nuevas estructuras de costos elevaron las tarifas. Igualmente, por la mejor comprensión del cambio climático y los fenómenos del niño.

Al 2020, los reportes del sistema único de información arrojan consumos inferiores a los 22 m³ cada bimestre.

La implicación de los subsidios con la nueva medida en el cambio de consumo básico no afectará directamente, ya que estos no serán eliminados, debido a que el propósito de la nueva medida que está implementando el Gobierno Nacional apunta a ajustar el rango de consumo básico que tiene actualmente el país, en base a la reducción del consumo. Es decir, el análisis del consumo promedio de usuarios residenciales realizado por la Comisión Reguladora de Agua Potable y el Departamento Nacional de Planeación durante un periodo de diez años, en las 18 capitales, ha representado al 72 % de los usuarios reportados en Colombia que cuentan con el servicio de acueducto. La asignación de estos subsidios cruzados no afecta a la ejecución de inversiones sociales, desarrolladas bajo la condición de que no se lleven a los costos incrementales de largo plazo, lo cual contribuye también a reducciones del precio de los servicios.

Las medidas de promoción para el ahorro y uso eficiente de agua potable deben ir acompañadas de un análisis técnico para la proyección de la demanda de agua potable, consiguiendo de esta manera reducir la entropía del sistema y aproximarse a resultados que no perjudiquen a la población y que permita lograr ahorros significativos del consumo. Los cambios presentados en

³⁵ Corte Constitucional de Colombia, 2016.

la resolución CRA/750/2016, que consiste en el nuevo consumo básico para los servicios públicos domiciliarios de acueducto, tienen una gran incidencia en la economía de las familias, sobre todo para los estratos 1, 2 y 3, ya que, por medio de la disminución del consumo básico, estos usuarios tienen un incremento en el pago de la tarifa, teniendo en cuenta que al bajar los metros cúbicos de los subsidios tienen una notable disminución que directamente se ve relacionada con el aumento en el pago de este servicio, que afecta a estos usuarios considerablemente.

El precio del metro cúbico en Bogotá en el 2015 estaba en \$2.000 COP (alrededor de medio dólar americano). En tanto, una familia residente en una vivienda de estrato bajo-bajo, recibía un subsidio del 70 % respecto del rango de consumo básico y sintió el salto de \$600/m³ a \$2.000/m³ (0,2-0,55 dólares americanos) en el volumen que superó el rango básico. Tal situación aún persiste en viviendas como los inquilinatos. De tal forma, se vuelve prioritario buscar alternativas para que el desequilibrio en las tarifas sea menor.

Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo brindado por la Universidad Francisco José de Caldas y la Universidad de Guadalupe en esta investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA

- Belmonte, Silvina; López, Emilce de las Mercedes; García, María de los Ángeles. 2021: "Identification of priority areas for water management in the Chaco Salteño, Argentina". *Agua y Territorio / Water and Landscape*, (17), 7-32. <https://doi.org/10.17561/at.17.4868>
- Berkes, Fikret; Folke, Carl. 1998: "Linking Social and Ecological Systems for Resilience and Sustainability". *Beijer Discussion Paper*, 52(1). http://dlc.dlib.indiana.edu/dlc/bitstream/handle/10535/4352/Berkeslinking_social_and_ecological_systems_for_resilience_and_sustainability.pdf?sequence=1
- Centro Nacional de Consultorías. 2012: *¿Cómo es la nueva familia Colombiana?* Revista Credencial. <http://www.revistacredencial.com/credencial/noticia/actualidad/como-es-la-nueva-familia-colombiana>
- Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico de Colombia (CRA). 2016: *Resolución CRA 750 de 2016 por la cual se modifica el rango de consumo básico*. <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/col157697.pdf>
- Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico de Colombia (CRA). 2018: *Seguimiento a la modificación del rango de consumo básico (Resolución CRA 750 de 2016)*. <https://cra.gov.co/seccion/prensa/seguimiento-medida-consumo-basico.html>
- Comisión de Regulación de Comunicaciones. 2011: *Resolución 3052 por la cual se define el Consumo Básico de Subsistencia y se dictan otras disposiciones*. https://www.redjurista.com/Documents/resolucion_3052_de_2011_crc_-_comision_de_regulacion_de_comunicaciones.aspx#/
- Congreso de Colombia. 1997: *Ley 373 por la cual se establece el programa para el uso eficiente y el ahorro del agua*. Diario Oficial No. 43.058 del 11 de junio de 1997. https://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/Legislacion%20del_agua/Ley_373.pdf
- Congreso Visible. 2017: *Incremento de la factura con el nuevo consumo básico*. <http://www.congresovisible.org/congresistas/perfil/carlos-albertobaena-lopez/288/#tab=2>
- Corte Constitucional de Colombia. 2016: *Constitución Política de Colombia*. <http://www.corteconstitucional.gov.co/inicio/Constitucion%20politica%20de%20Colombia.pdf>
- Cressie, Noel. 1991: *Statistics for spatial data*. New York (USA), Wiley.
- Dai, Aiguo. 2012: "Drought under global warming". *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, 6(31), 617-617. <https://doi.org/10.1002/wcc.81>
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). 2018: *Mesa de expertos de estratificación socioeconómica. Informe final*. <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Vivienda%20Agua%20y%20Desarrollo%20Urbano/Mesa-Expertos-Estratificacion/Informe%20Final.pdf>
- El Nuevo Siglo. 2017: *Demandan resolución que baja subsidio al agua a los más pobres*. <https://www.elnuevosiglo.com.co/articulos/04-2017-demandan-resolucion-que-baja-subsidio-al-agua-a-los-mas-pobres>
- Ferreira, Ana Inés. 2017: "El agua como factor de conflicto y determinante en el precio de la tierra: Córdoba, Argentina, 1800-1855". *Agua y Territorio / Water and Landscape*, (10), 30-42. <https://doi.org/10.17561/at.10.3607>
- Folke, Carl; Carpenter, Stephen R.; Walker, Brian; Scheffer, Marten; Chapin, Terry; Rockström, Johan. 2010: "Resilience Thinking: Integrating Resilience, Adaptability and Transformability". *Ecology and Society*, 15(4), 20. <https://doi.org/10.5751/ES-03610-150420>
- Geoservicios IDEAM. 2018: *Catálogo de Metadatos del sistema de información ambiental*. <http://geoservicios.ideam.gov.co/geonetwork/srv/spa/catalog.search?sessionId=A9366A504ABE0E429C93B5E0C46B02AA#/home>
- González Pérez, Mario Guadalupe. 2018: "Entropy and negentropy of the particular electric vehicle in urban systems: homeostasis of mobility in Mexico". *DYNA*, 85(206), 171-177. <https://doi.org/10.15446/dyna.v85n206.72509>

- González Pérez, Mario Guadalupe; López Lara, Luis Fernando.** 2018: "Entropía del crecimiento habitacional en el río Blanco de la metrópoli de Guadalajara, México". *Revista Ingeniería, Hidráulica y Ambiental*, 39(2), 100-111.
- González Pérez, Mario Guadalupe; Jalomo Aguirre, Francisco; Lizcano Caro, Jose Andelfo.** 2019: "Water resources in urban systems: El Zapotillo dam as occasional negentropy in the metropolis of Guadalajara, Mexico". *DYNA*, 86(209), 248-254. <http://doi.org/10.15446/dyna.v86n209.75824>
- Hamilton, Clive.** 2010: *Réquiem para una Especie. Por qué resistimos la verdad*. Nueva York (EE.UU.), Capital Intelectual S.A.
- Holling, C. S.** 1973: "Resilience and Stability of Ecological Systems". *Annual Review of Ecology and Systematics*, 4(1), 1-23. <https://doi.org/10.1146/annurev.es.04.110173.000245>
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2014: *Climate Change 2014 - Impacts, Adaptation, and Vulnerability: Part A: Global and Sectoral Aspects*. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the IPCC. United Kingdom, Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415386>
- Levermann, Anders; Schewe, Jacob; Petoukhov, Vladimir; Held, Hermann.** 2009: "Basic mechanism for abrupt monsoon transitions". *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.*, 106(49), 20572-20577. <https://doi.org/10.1073/pnas.0901414106>
- Marengo, Jose A.; Chou, Sin Chan; Rodrigues Torres, Roger; Giarolla, Angelica; Alves, Lincoln M.; Lyra, Andre.** 2014: "Climate Change in Central and South America: Recent Trends, Future Projections, and Impacts on Regional Agriculture". *Research Program on Climate Change, Agriculture and Food (CCAFA)*, 73(1), 1-93.
- Meléndez, Marcela; Casas, Camila; Medina, Pablo.** 2004: *Subsidios al consumo de los servicios públicos en Colombia: ¿hacia dónde nos movemos?* Informe final. https://www.repository.fedesarrollo.org.co/bitstream/handle/11445/1033/Repór_Agosto_2004_Melendez.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Ministerio de Medio Ambiente.** 1997: *Decreto numero 3102, por el cual se reglamenta el artículo 15 de la Ley 373 de 1997 en relación con la instalación de equipos, sistemas e implementos de bajo consumo de agua*. http://186.31.107.170/sites/default/files/normativa_ambiental/dec_310297_instalacion_de_equipos_para_bajo_consumo.pdf
- Morales, Juan Manuel.** 2018: *Directivas de la Piedecuestana de Servicios respondieron el porqué de las alzas del servicio público*. <https://www.vanguardia.com/area-metropolitana/piedecuesta/directivas-de-la-piedecuestana-responden-dudas-comunitarias-OBVL448125>
- Pardo Llorente, Leandro.** 1993: "Teoría de la información estadística". *Estadística Española*, 35(133), 195-268.
- Perman, Roger; Yue, Ma; McGilvray, James; Common, Michael.** 2003: *Natural Resource and Environmental Economics*. London (UK), Pearson Education Limited.
- Polanco, Camilo.** 2006: "Indicadores ambientales y modelos internacionales para toma de decisiones". *Gestión y Ambiente*, 9(2), 27-41.
- Publimetro.** 2018: *Así es como el Gobierno irá desmontando los subsidios de energía y gas a los estratos 1, 2 y 3*. <https://www.publimetro.co/co/noticias/2018/09/18/asi-gobierno-ira-desmontando-los-subsidios-energia-gas-los-estratos-1-2-3.html>
- Rapport, David; Friend, Anthony.** 1979: *Towards a comprehensive framework for environmental statistics: a stress-response approach*. Ottawa (Canada), Minister of Supply and Services Canada.
- Sistema Único de Información de Servicios Públicos Domiciliarios (SUI). 2018: *Base de datos SUI*. <http://www.sui.gov.co/web/>
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (UNDP). 2018: *Objetivo 13. Acción por el clima*. <https://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals/goal-13-climate-action.html>
- Wiener, Norbert.** 1950: *The human use of human beings*. Boston, Houghton Mifflin Company.



QUADROS RÜCKERT, Fabiano, Fábio Alexandre dos SANTOS, Guillermo Banzato (Coordinadores) 2021: Aguas y políticas públicas en Argentina, Brasil y México. Jaén, Editorial Universidad de Jaén, 240 págs. ISBN 978-84-9159-401-7.

Durante el 2021 se publicó un libro sumamente valioso para quienes estamos interesados en los estudios sobre el agua en Latinoamérica. El texto coordinado por Fabiano Quadros Rückert, Fábio Alexandre dos Santos y Guillermo Banzato -tres historiadores de reconocida trayectoria- invita a transitarlo a través de nueve capítulos en los que participan los propios coordinadores y otros autores referentes del tema. El conjunto de apartados reúne y, de alguna manera, sintetiza, las principales discusiones actuales sobre el agua desde las ciencias sociales.

“Aguas y políticas públicas en Argentina, Brasil y México” está enfocado en los países que su título indica, pero más específicamente en los territorios de Catamarca; Río Grande do Sul; Veracruz; Valles Centrales de Oaxaca; São Paulo; diferentes territorios de la llanura chaco-pampeana y la desembocadura del Río Negro -en el norte patagónico- y Mendoza.

Sin duda, el excelente abordaje interdisciplinar es uno de los puntos más fuertes del libro, que, con gran rigor y solvencia desde las propias disciplinas de origen, permite dar un paso no menor en los diálogos y debates que ocupan la vanguardia del tema. El profuso trabajo en fuentes documentales es otro punto que destacar de este compendio. Otra fortaleza de este libro es que es notorio que los autores se han leído y han discutido entre sí, los estudios presentados.

Sumergiéndonos en las secciones, es importante destacar el aporte de Argañaraz quien nos propone pensar -a través de un minucioso trabajo- la “infraestructura de ideas” que sostiene un proyecto modernizador catarmaqueño, en el conocido contexto de “organización nacional” de fines de siglo XIX y principios del XX. Allí la autora realiza una importante con-

tribución sobre el rol que tuvieron los ingenieros (y otros expertos), los estados y los vecinos (incluso por momentos los microorganismos), en el auge de nuevos significados y usos sobre el agua. Así se detallan, continuando un trabajo anterior sobre la época colonial -y exponiendo que es un trabajo en proceso- las tensiones y convivencias entre saberes “premodernos” y “modernos”. En términos históricos es valioso como se trabaja sobre las tensiones con el estado nacional, quien es portador de “modernidad” y formador de una nueva territorialidad, pero a la vez obstáculo para ciertos intereses locales. Las discusiones sobre pureza del agua/microorganismos/salud son bien oportunas en estos tiempos de pandemia y excede la escala urbana donde la autora la plantea muy pertinentemente.

Como expresa Fabiano Quadros Rückert, es muy necesario el aporte de las particularidades regionales y locales en la historización del abastecimiento de agua. En ese camino, el autor concreta un muy detallado estudio de la gestión del agua entre mediados de siglo XIX y principios del XX, especialmente en las grandes ciudades del Estado del sur brasileño. Comenzando a detallar el marco de concesiones muy ventajoso para las compañías, con contratos donde no existían multas por incumplimiento del servicio, o estándares de calidad del suministro. Es interesante como se detallan algunos de los primeros conflictos al respecto, que hoy podríamos mencionar como conflictos ambientales. Posteriormente con los republicanos en el poder, el negocio del agua cambia, y los conflictos que no mermaban buscan ser mitigados con mayor intervención estatal en dichas disputas.

En la segunda sección, sobre conflictos por el agua, Erika Yesica Galán Amaro nos presenta un trabajo donde analiza los conflictos por el uso del agua entre empresarios textiles con otros propietarios de haciendas y pobladores de Veracruz. A continuación -pero en la misma sección- Olivia Topete Pozas, analiza negociaciones, acuerdos y conflictos en el uso del agua en los Valles Centrales de Oaxaca en la transición entre el siglo XIX y XX. El trabajo de Topete Pozas, que está muy bien ilustrado con fotos antiguas, vincula estos procesos de uso del agua al auge de varias ramas industriales (textil, gaseosa, cervecera y mezcatera), a la expansión del ferrocarril, al crecimiento demográfico y al crecimiento de actividades como la minería y la agricultura intensiva.

Los dos casos se vinculan con un gran escalamien- to en la cantidad de agua utilizada por empresarios con acceso a las nuevas tecnologías, capitales y redes políticas que permiten mantener esas novedosas in- fraestructuras para su provecho (en muchos casos en disputa con otros usos preexistentes). Las autoras ana- lizan períodos de aparición y consolidación de nuevos usos como el hidroeléctrico, sumado a una escala de producción textil desconocida en esos territorios hasta ese momento. La irrupción de nuevas tecnologías son parte de la explicación –como destaca Topete Pozas–, la posibilidad de construir grandes presas y canales, a par- tir de técnicas que hacían usual el uso del concreto, el acero y el motor de combustión interna, como la bomba eléctrica, permitieron embalsar o derivar el agua en in- mensas cantidades. Sin embargo, dichas tecnologías no operaron en el vacío, sino más bien y como dice Galán Amaro, bien conectadas con poderosos gobernantes: *“las redes de las relaciones con los gobiernos locales, estatales y federales que les permitieron mayores concesiones y privile- gios del gobierno en volúmenes de aguas, pagos de impuestos y para resolver los conflictos por el uso del agua, la mayoría de las veces a su favor.”* (Galán Amaro, 2021, 93).

Estos trabajos cumplen lo que prometen, pero ade- más abren preguntas a futuro como remarca Galán Amaro, quedamos expectantes para leer avances sobre: *¿qué sucedió con los residuos de las fábricas textiles, fueron vertidos a los ríos? ¿La generación de electricidad para la ope- ración de las fábricas textiles y los ayuntamientos disminuyó el caudal de los afluentes? ¿Cómo se modificaron las condi- ciones del uso del agua al nacionalizarse ese recurso natural? ¿Qué lecciones históricas y económicas nos deja el uso del agua en la región de Orizaba?* (Galán Amaro, 2021, 94).

En la sección sobre *gestión de los ríos interiores* (terce- ra), Fábio Alexandre dos Santos, nos comparte un trabajo que comienza con el cuestionamiento a los poderes pú- blicos de “naturalizar” los procesos ambientales –como las inundaciones– para evadir sus responsabilidades. El autor nos demuestra cómo ha sido invisibilizado el in- forme de una comisión especial sobre el estudio de las inundaciones asociadas al Río Tietê (y sus afluentes) emi- tido en 1963. Trabaja, en ese sentido, sobre diferentes exposiciones de representantes legislativos que omiten o se contradicen en torno a dicho Informe. Nos explica Santos que en la capital paulista el sistema hidrográfico es bastante capilar y a los usos comunes hasta media- dos del siglo XIX (navegabilidad, comunicación, fuente de materiales para construcción, lugar para lavar ropas y de ocio, desagadero de residuos) se agrega el uso hi-

droeléctrico hacia el final de ese siglo y se intensificará en la siguiente centuria. Además, los diferentes torrentes sufren cambios e impermeabilizaciones por la expansión de la urbanización, que conlleva la intensa moderniza- ción capitalista que se explica durante todo el estudio. En la actualidad el problema sigue asolando a la Región Metropolitana de San Pablo, especialmente a los sectores más pobres. Ello evidencia la gran importancia y actuali- dad de la investigación.

El trabajo de Guillermo Banzato entusiasma al leer- lo. El reconocido historiador parte de las nociones de Bohoslavsky y Soprano, para analizar la revista del Centro Argentino de Ingenieros de gran influencia en la discusión sobre obras de infraestructuras y planes de manejo del agua en Argentina desde los últimos años del siglo XIX. En el análisis derivado, se exponen los vínculos entre la corporación de ingenieros, la bu- rocracia estatal y los saberes expertos, con relación a proyectos sobre las inundaciones en la provincia de Buenos Aires, la desembocadura del río Negro, Santa Fe y diferentes ciudades de la Pampa. También se compa- ran las políticas en torno a la construcción de canales especialmente en Santiago del Estero y Buenos Aires. Es importante destacar que Banzato –en una verdade- ra apuesta interdisciplinaria que abre puertas a futuras reflexiones– realiza una comparación socioambiental en dos momentos similares en torno a procesos hi- droclimáticos de la región chacopampeana: el cambio del siglo XIX al XX y del XX al XXI. En esos momentos, también traza reveladoras coincidencias en torno a la gestión del agua y –en tono con los Estudios de la Cien- cia y la Tecnología– sobre las prácticas de los expertos para intervenir en políticas públicas y promocionar los proyectos que les son útiles para sus intereses. La lí- nea explicativa de Guillermo Banzato también se puede leer en torno a la continuidad (con pulsos y particulari- dades) de la aparición de proyectos de mega-obras, los cuales no parecen tampoco haber desaparecido en estas latitudes en los últimos años.

En la cuarta sección, denominada “gestión del agua para riego”, contamos con dos capítulos, uno que rea- liza un análisis institucional de la gestión del agua en la provincia argentina de Mendoza, desde 1950 hasta el tiempo casi presente, y otro sobre la gestión del agua en la cuenca del río Camaquã, en el sur brasileño, en donde ante la crisis ganadera de principios de siglo XX, emergió el cultivo del arroz como actividad domi- nante, con una característica particular en la región: el riego.

En el primer caso, Laura Ortega y Verónica Farre-
 ras, a partir de un análisis enfocado en el organismo
 que lleva adelante la gestión estatal del agua de riego
 en la Provincia de Mendoza -el Departamento General
 de Irrigación (DGI)- estudiaron los factores endógenos
 y exógenos que afectaron los procesos de gobernanza
 del agua, apoyadas en el marco conceptual de Elinor
 Ostrom. Este valioso estudio focalizado en la cuenca del
 río Mendoza (que alimenta a la ciudad más grande de
 la Provincia), examina y compara los acuerdos políticos
 institucionales a mediados de siglo XX y en la actuali-
 dad. Las autoras concluyen en primer término que “la
 falta de consolidación de espacios participativos dificulta los
 procesos de gobernanza”, y de esa manera confirman al-
 gunas hipótesis trabajadas por otros autores y autoras
 sobre el rol del estado, la institucionalidad en las polí-
 ticas y debates sobre el agua en Mendoza, y la necesi-
 dad de ampliar los mecanismos participativos en estas
 instancias institucionales. A partir de un detallado y
 profundo análisis de actores, donde resalta el DGI, con-
 cluyen que es característico el aumento de las tensiones
 cuando aparecen potenciales nuevos usos del agua, o
 nuevos usuarios. También es muy sugerente y merece
 seguir estudiándose la identificación de un cambio en la
 identidad de los usuarios de agua, con relación al Depar-
 tamento (DGI) que administra las aguas. Menos sentido
 de pertenencia y menos participación, es la constante
 en los últimos años, quizás lo cual también minaría el
 proceso de descentralización que comenzó durante la
 década de 1990 y se encuentra inconcluso, resaltan las
 autoras.

Marluza Marques Harres presenta el mencionado
 caso situado en Rio Grande do Sul, para el cual interpre-
 ta las fuentes con gran destreza contextualizando las
 disputas por la tierra y el agua entre 1920 y 1970. En un
 marco de proteccionismo económico, el cultivo de arroz
 desplazó progresivamente a la actividad ganadera, apo-
 yado en una fuerte inversión privada, en un aumento
 de construcción de represas y en la incorporación masi-
 va de la mecanización. Sin embargo, el manejo del agua
 monopolizado por los productores arroceros, avanzó
 no sólo sobre los ambientes menos intervenidos hasta
 ese momento (ocupando bañados y ciénagas), sino que
 además fue, paralelamente, desplazando a campesinos
 y otros productores. Fue por los conflictos y disputas
 derivadas, que el Instituto Gaúcho de Reforma Agraria
 se articuló con el Movimiento de los Agricultores Sin
 Tierra (MASTER), y expropió en 1962 más de 19 mil
 hectáreas para el asentamiento de los acampados Sin
 Tierra, aunque ese proyecto y varios subsiguientes tu-

vieron una serie de problemas que Marques Harres de-
 talla y revisten un aprendizaje.

Cássia Natanie Peguim desarrolla y nos explica cómo
 han sido entendidos los problemas asociados a la oferta,
 demanda, accesibilidad y calidad del agua en la *Revista
 de la CEPAL*. La importancia política y académica de esa
 Revista en Latinoamérica es crucial, por eso es valio-
 so este trabajo, porque implica analizar una fuente de
 inspiración de un sinnúmero de expertos y políticos de
 la región. A través de la trayectoria de Miguel Solanes
 (entre otros autores) se visibilizan nociones de *Desarro-
 llo sostenible y equidad*, presentes en la línea editorial de
 la Revista. Así pensado, como un tema estrechamente
 vinculado con las discusiones sobre el desarrollo en
 América Latina y el Caribe, emergían discusiones -ini-
 ciadas en la década de 1990- sobre los procesos priva-
 tizadores de empresas de suministro, garantías de uso
 social y modalidades de regulación estatal. En aquellos
 momentos se consideraba como único camino un mer-
 cado internacionalizado del agua y se ponía el foco en
 la eficiencia del estado en los controles y regulación de
 las empresas.

En conclusión, este valioso libro logra analizar de-
 bates ambientales muy actuales, con elevado rigor aca-
 démico. Inclusive, logra acercar agendas, literatura y
 métodos de disciplinas -como la Historia- a debates de
 interés público del presente. Todo ello anclado en un
 sólido trabajo con fuentes documentales. Creo que, en
 pocos meses y años, muchos de estos capítulos serán
 cita obligatoria para quienes -más allá de las discipli-
 nas de origen- deseen profundizar en la comprensión de
 nuestros problemas que no se suelen regir por diseccio-
 nes académicas.

Facundo Rojas

Grupo de Historia ambiental

Instituto Argentino de Nivología, Glaciología

y Ciencias Ambientales (IANIGLA)

Consejo Nacional de Investigaciones Científicas

y Técnicas (CONICET)

Facultad de Filosofía y Letras

Universidad Nacional de Cuyo

frojas@ffyl.uncu.edu.ar

<https://orcid.org/0000-0003-3704-0199>



Normas para la entrega de originales de las secciones Dossier, Miscelánea y Reseñas

- La revista *Agua y Territorio / Water and Landscape (AYT-WAL)* publica sus artículos en formato XML, HTML y PDF, con el objetivo de aumentar la difusión de los trabajos publicados. Esto implica que todo el contenido podrá ser analizado por los robots de búsquedas.
- Es preciso incrementar el proceso de control sobre el documento final, para evitar conflictos con los lenguajes informáticos que impidan la difusión de los trabajos publicados. Por tanto, es indispensable que cumpla las indicaciones reseñadas.
- Debe leer con atención el documento REVISIÓN ARTÍCULO y comprobar que su trabajo cumple todas las observaciones que se indican.
- Los artículos se enviarán a través de la plataforma de envío de manuscritos de la revista disponible en <http://revistaselectronicas.ujaen.es>
- **Sólo se admitirán originales que se atengan estrictamente a las normas.** Los artículos que no cumplan estas indicaciones se rechazarán y no se enviarán a evaluar. Los envíos de los manuscritos deben cumplir los siguientes requisitos:
 - Es necesario completar en la plataforma de la revista y en todos los idiomas de ésta (español, inglés, portugués, francés e italiano), toda la información de los METADATOS del artículo: título, resumen y palabras claves. NO ESCRIBA TODO EL TEXTO EN MAYÚSCULAS, solamente lo que establezcan las reglas ortográficas.
 - Debe entrar en su perfil y complementar la información solicitada (ORCID, afiliación, etc.) en todos los idiomas de la revista (español, inglés, portugués, francés e italiano). NO ESCRIBA TODO EL TEXTO EN MAYÚSCULAS, solamente lo que establezcan las reglas ortográficas.
 - **Un primer documento en Word** que incluya el título del trabajo (en español e inglés), nombre del autor o autores, filiación académica de todos ellos (categoría profesional e institución académica), dirección de correo electrónico de todos ellos, ORCID de todos ellos y dirección postal de la institución académica de todos ellos. Si el artículo está escrito en un idioma distinto al español y al

Guidelines for Submission of Manuscripts for the Dossier, Miscellaneous and Reviews sections

- The journal *Agua y Territorio / Water and Landscape (AYT-WAL)* publishes its articles in XML, HTML and PDF format, with the aim of increasing the dissemination of the published works. This implies that all content can be analyzed by search engines.
- It is necessary to increase the process of control over the final document, to avoid conflicts with the computer languages that prevent the dissemination of the published works. Therefore, it is essential that it complies with the above-mentioned indications.
- Manuscripts must be sent through the journal's manuscript submission platform available at <http://revistaselectronicas.ujaen.es>
- **Only manuscripts that strictly adhere to the rules will be accepted.** Any article that does not comply with these indications will be rejected and will not be sent for evaluation. Manuscript submissions must meet the following requirements:
 - It is required to complete all the information about the METADATA of the manuscript in the platform of the journal and in all the languages of the journal (Spanish, English, Portuguese, French and Italian): title, abstract and keywords. DO NOT WRITE ALL THE TEXT IN CAPITAL LETTERS, only what the spelling rules establish.
 - You must access your profile and complete the requested information (ORCID, affiliation, etc.) in all the languages of the journal (Spanish, English, Portuguese, French and Italian). DO NOT WRITE ALL THE TEXT IN CAPITAL LETTERS, only what the spelling rules establish.
 - **A first Microsoft Word document** must be submitted, including the title of the manuscript (in Spanish and English), the name of the author(s), the academic affiliation (professional status and academic institution), the e-mail address, the **ORCID ID** and the postal address of all of them. If the manuscript is written in a language other than Spanish and English, the title in that third language must be added to this document.
 - You must specify whether it is submitted for a specific Dossier (the title and coordinators of

inglés debe añadirse a este documento el título en ese tercer idioma.

- Debe especificar si se remite para un Dossier concreto (especificar título y coordinadores del mismo) o para el apartado de Miscelánea o Reseñas.
- El título del artículo debe ser breve, concreto y preciso. Si hace referencia a un territorio debe especificar el país.
- Si tiene subtítulo deberá separarse del anterior por dos puntos (:). Se pueden incluir los datos de posibles evaluadores: nombre completo, categoría profesional, institución académica y correo electrónico.
- **Un segundo documento en Word**, que incluirá el texto completo del artículo, precedido por el título en castellano inglés, portugués, francés e italiano, el resumen en los cinco idiomas, con una extensión máxima de 150 palabras cada resumen. El resumen indicará el objetivo del artículo, las fuentes, la metodología, los hallazgos, las limitaciones, la valoración sobre la originalidad, así como las conclusiones. Además, deben aportarse un máximo de cinco palabras clave, también en los cinco idiomas. Tras el artículo, que se aconseja tenga el mismo esquema utilizado en el resumen, irá el apartado de Bibliografía.
- Con el fin de garantizar el anonimato en el proceso de evaluación, este documento no debe incluir el nombre o nombres de los autores, así como ninguna mención a los mismos (incluyendo las notas a pie de página).
- Para garantizar el anonimato en el proceso de evaluación, el archivo informático que suba a la plataforma no debe incluir el nombre o apellidos del autor o autores. Basta con una palabra extraída del título y la fecha de envío. Por ejemplo: Agua_Chapala_México_03052020.
- Si la primera lengua empleada es otra distinta del castellano, ésta se empleará en segundo lugar.
- En caso de ser candidato a doctor, deberá incluir un certificado de su director/directores, detallando el título de la tesis y la fecha en que haya sido aceptado ese proyecto. Se enviará al correo electrónico: revista-at@ujaen.es
- Deben enviar el trabajo en Microsoft Word. Los artículos tendrán una extensión máxima de 9.000 palabras, incluyendo notas, cuadros, mapas, apéndices y bibliografía. Deben estar escritos en letra Times New Roman 12 en texto y 10 en párrafos textuales san-

the Dossier must be included) or for the Miscellaneous or Reviews section.

- The title of the manuscript must be brief, concrete and precise. When referring to a territory, you must specify the country.
- If the document contains a subtitle, it must be separated from the previous one by two dots (:). The data of possible evaluators can be included: full name, professional status, academic institution and e-mail.
- **A second Microsoft Word document**, which will include the full text of the article, preceded by the title in Spanish, English, Portuguese, French and Italian, the abstract in the five languages, with a maximum length of 150 words for each abstract. The abstract will indicate the objective of the manuscript, sources, methodology, findings, limitations, assessment of originality as well as the conclusions. In addition, a maximum of five keywords must be provided, also in both languages, plus the third language if the article is written in one other than Spanish and English. After the article, which is recommended to have the same structure used in the abstract, the Bibliography section will follow.
- In order to guarantee anonymity in the evaluation process, this document should not include the name or names of the authors, as well as no mention of them (including footnotes).
- In order to guarantee anonymity in the evaluation process, the computer file uploaded to the platform should not include the name(s) or surname(s) of the author(s). All that is required is a brief description of the title and the date of submission. For example: Agua_Chapala_México_03052020.
- If the first language used is other than Spanish, this one it will be used in second place.
- If the applicant is a doctoral candidate, he/she must include a certificate from his/her director(s), detailing the title of the thesis and the date on which the project was accepted. It should be sent to the following e-mail address: revista-at@ujaen.es
- The work must be sent in Microsoft Word. The manuscripts will have a maximum length of 9,000 words, including notes, tables, maps, appendices and bibliography. They must be written in Times New Roman font 12 in text and 10 in indented textual paragraphs and notes. Footnotes must be brief and cannot include tables or graphs. Each article must have

grados y notas. Las notas a pie de página deben ser breves y no pueden incluir tablas ni gráficos. Cada artículo deberá llevar una bibliografía final, siguiendo las indicaciones señaladas en estas normas.

- Las páginas irán numeradas correlativamente, así como las notas, que se situarán a pie de página y a espacio sencillo.
- Los agradecimientos, en su caso y si los hubiera, al igual que las referencias a ayudas de proyectos de investigación, financiación, becas, convenios o similares, deberán incluirse en un apartado antes del apartado de fuentes y de las referencias bibliográficas. Para no desvelar el anonimato, este apartado se insertará en la versión final del trabajo.
- Al trabajo propiamente dicho podrán añadirse apéndices o anexos, debiendo ir con título y numerados. Si se incluyen tablas, mapas, gráficos, figuras, etc., serán originales y se numerarán correlativamente en la parte superior con el respectivo título. Debajo de tablas, mapas, gráficos o figuras deberá ponerse la fuente documental o bibliográfica con las que se hayan elaborado.
- Se recomienda que tablas, mapas, gráficos y figuras sean de la mejor calidad para evitar la pérdida de detalles o su pixelación. Deben incluirse en el texto a efectos de saber su ubicación aproximada pero además, se enviará copia en ficheros aparte con el número de figura, título y breve pie o leyenda para su identificación con las respectivas fuentes. Los formatos electrónicos aceptados serán TIFF, EPS o PDF con fuentes incrustadas. La resolución mínima será de 300 ppp y 8 bits de profundidad de color para las imágenes de grises, y 1.200 ppp para las de un solo bit, en el tamaño que se pretenda que aparezcan publicadas.
- Las **tablas** se numerarán correlativamente y deben hacerse con la función de tablas de Word.
- Los **gráficos** se realizarán preferiblemente con Excel y deberán insertarse en el texto en formato Normal.
- Los **mapas** deberán insertarse en formato Imagen.
- Cualquier otro tipo de elemento se numerará correlativamente bajo la denominación de **Figuras**.
- Los **mapas, fotografías y planos de especial calidad** deben insertarse en el texto del artículo, pero también deben enviarse en archivo aparte con la mayor calidad posible para lograr su mejor visualización en el momento de la maquetación. Se debe tener especial cuidado en no incluir en los mapas, gráficos y figuras ni el encabezamiento de los mismos ni la fuente de la que se han extraído para su elaboración pues tanto el uno como la otra son incorporados en

a detailed bibliography, following the indications of these guidelines.

- The pages should be numbered consecutively, as well as the notes, which should be placed at the foot of the page and in single spacing.
- Acknowledgements, if any, as well as any reference to research projects, funding, grants, agreements or similar, must be included in a section before the bibliographic references and sources. In order not to reveal anonymity, this section will be inserted in the final version of the work.
- Appendices or annexes may be added to the work itself and must be titled and numbered. If tables, maps, graphs, figures, etc. are included, they must be original and numbered correlatively at the top with the respective title. Below the tables, maps, graphs or figures, the documentary or bibliographic source with which they have been elaborated should be placed.
- It is recommended that tables, maps, graphs and figures are of the best quality to avoid loss of detail or pixelation. They must be included in the text in order to know their approximate location, but, in addition, a copy will be sent in a separate file with the figure number, title and a brief caption or heading for identification with the respective sources. Electronic formats accepted are TIFF, EPS or PDF with embedded fonts. The minimum resolution will be 300 dpi and 8-bit of colour depth for grey images, and 1,200 dpi for single-bit images, in the size intended to be published.
- **Tables** shall be numbered correlatively and should be done with the Microsoft Word table function.
- **Graphics** will be made preferably with Microsoft Excel and should be inserted in the text in Standard format.
- **Maps** should be inserted in Image format.
- Any other element must be numbered correlatively under the denomination of **Figures**.
- **Maps, photographs and blueprints of special quality** should be inserted in the text of the article, but they should also be sent in a separate file to ensure that they are properly displayed at the layout stage. Special care must be taken not to include in the maps, graphs and figures neither the heading of the same nor the source from which they have been extracted for their elaboration, as both will be incorporated in the final layout of the article, and its inclusion in the image itself is not necessary.

la maquetación final del artículo no necesitando su inclusión en la propia imagen.

- Los derechos de reproducción de fotografías y documentos deben ser enviados por los autores al correo electrónico: revista-at@ujaen.es
- Las **notas** irán a pie de página, numerándose correlativamente, con la referencia en superíndice. Se procurará que sean reducidas: Apellido/s del autor, fecha de edición (en caso de varias publicaciones de éste en un mismo año, se unirán a esa fecha las letras a, b, c..., para evitar confusiones) y a continuación los números de volumen o tomo, número y página o páginas usadas, sin incluir sus iniciales (v. t., n.º o núm., p./pp.).

Ejemplos:

García Toledo, 2004, 55-63.

García Toledo, 2012a, 25-30.

García Toledo, 2012b, 53.

- Si se citan en la misma nota obras del mismo autor no se indicará el apellido del autor de nuevo.

Ejemplo:

García Toledo, 2004, 55-63; 2012a, 25-30; 2012b, 53.

- En el caso de que la obra este firmada por dos o tres autores, se citan los apellidos de todos ellos autores separados por punto y coma (;). No hay que poner “y”, “and”, “&”, “et”, “i”, antes del último autor. Siempre usar (;), que es un signo universal.

Ejemplos:

García Toledo; Pérez Toledo; López Moreno, 2004, 55-63.

Aguilar Rojas; López Ituarte; Iza, 2009, 23.

Wolf; Yoffe; Giordano, 2003, 30.

Tiran; Boutillier, 2015, 125.

Esposito; Bianchi, 2012, 30.

Pochapski; Castelo Branco Brito, 2020, 149.

- En el caso de que la obra este firmada por cuatro autores o más, se cita los apellidos del primer autor y se añade la locución latina “et al.”, aunque en la bibliografía final se citará a todos los autores de la obra.

Ejemplo:

Ávila Quijas et al., 2009, 63.

- Las referencias de diferentes autores y obras se separan con un punto.

Ejemplo:

Matés Barco, 2012, 50. Weyler, 1999, 21. Kenmain, 2000, 35.

- El número de la nota deberá ir antes de la puntuación ortográfica.

Ejemplo:

“.../... crear una articulación fina entre datos e hipótesis, una formulación de hipótesis más

- The copyright of photographs and documents should be sent by the authors to the e-mail: revista-at@ujaen.es

- **Footnotes** will be numbered correlatively with the reference in superscript. They should be reduced to: author's lastname/s, date of publication (in the case of several publications in the same year, the letters a, b, c... should be added to this date to avoid confusion) and then the volume or tome numbers, number and page(s) used, without including their initials (vol., no. or number, p./pp.).

Examples:

García Toledo, 2004, 55-63.

García Toledo, 2012a, 25-30.

García Toledo, 2012b, 53.

- If works by the same author are quoted in the same note, the author's last name will not be indicated again.

Example:

García Toledo, 2004, 55-63; 2012a, 25-30; 2012b, 53.

- In case that the work is signed by two or three authors, the last names of both authors are cited, separated by semicolon (;). Do not put “y”, “and”, “&”, “et”, “e”, “i”, before the last author. Always use (;) which is a universal sign.

Examples:

García Toledo; Pérez Toledo; López Moreno, 2004, 55-63.

Aguilar Rojas; López Ituarte; Iza, 2009, 23.

Wolf; Yoffe; Giordano, 2003, 30.

Tiran; Boutillier, 2015, 125.

Esposito; Bianchi, 2012, 30.

Pochapski; Castelo Branco Brito, 2020, 149.

- In case the work is signed by four or more authors, the surnames of the first one are cited and the Latin locution “et al.” is added, even though in the final bibliography all the authors of the work are cited.

Example:

Ávila Quijas et al., 2009, 63.

- The references of different authors and works are separated with a dot.

Example:

Matés Barco, 2012, 50. Weyler, 1999, 21. Kenmain, 2000, 35.

- The note number should precede the punctuation marks.

Example:

“.../... to create a fine articulation between data and hypotheses, a more creative formulation of hypotheses than that found entangled in the data”¹.

creadora que la que se encuentra enredada en los datos”¹.

- Las citas documentales deben comenzar por el archivo o institución correspondiente, sección y legajo, tipo de documento, lugar y fecha, pero eliminando las palabras innecesarias (sección, legajo, etcétera), poniendo comas de separación. Ejemplo: AHN, Ultramar, 185, salvo en la primera cita de cada Archivo o Biblioteca, en la que se desarrollará el nombre completo, poniéndose a continuación las iniciales entre paréntesis, sin puntos intermedios. Ejemplo: Archivo Histórico Nacional (en adelante AHN). No añada referencias documentales y hemerográficas citadas en su artículo pues al final del mismo solo deberá añadir las referencias bibliográficas utilizadas.
- Las fechas deben desarrollarse al completo, tanto en el texto como en las notas.
Ejemplo: Sevilla, 5 de abril de 1980.
- La bibliografía final se limitará a las obras citadas que irán ordenadas alfabéticamente y con sangría francesa, siguiendo cada una el siguiente orden:
 - **Libro:** apellidos en minúscula y nombre de cada autor, año de publicación, título en cursiva, lugar y país (entre paréntesis), editorial y DOI.
 - **Revista:** apellidos en minúscula, nombre del autor, año, título entrecomillado, nombre de la revista en cursiva, volumen y número de la revista (entre paréntesis), páginas y DOI.
 - Preferiblemente, se citará el nombre completo del autor. No se deben reducir los nombres de pila a las iniciales, así se evitan confusiones y ambigüedades. No deben omitirse los segundos apellidos de los autores de los trabajos que se citen. Tampoco deben omitirse las iniciales medias de los autores (usadas generalmente por autores no españoles).
 - Los autores deben presentar las referencias bibliográficas con su correspondientes DOI, que deben tener el formato <https://doi.org/10.9999/...> y ser clicables. No debe escribirse la palabra “DOI” delante de la url. Nunca debe ponerse un punto al final de un doi o de una url, pues puede hacer que luego al clicar en el enlace no funcione. Para conocer el DOI de un artículo, se puede utilizar el formulario habilitado para tal fin por CrossRef: <https://apps.crossref.org/simpleTextQuery/>
Por ejemplo:
Alfaro-Rodríguez, Evelyn. 2017: “La Red Social del Abasto Urbano: Aguadores y fiadores en Zatecas, México (siglo XIX)”. *Agua y Territorio*, 9, 11-21. <https://doi.org/10.17561/at.v0i9.3473>.
- Documentary quotations should begin with the corresponding file or institution, section and bundle or file, type of document, place and date, but excluding unnecessary words (section, bundle, etc.), putting commas in between. Example: NHA, Overseas, 185, except in the first quotation of each Archive or Library, in which the full name will be developed, putting the initials in parentheses, without intermediate points. Example: National Historical Archive (hereinafter NHA). Do not add documentary and newspaper references cited in your article, since at the end of it you should only add the bibliographic references used.
- Dates must be fully developed, both in the text and in the notes, according to the following format.
Example: Sevilla, 5 de abril de 1980.
- The final bibliography will be limited to the cited/quoted works, which will be ordered alphabetically and with hanging indentation, each of them in the following order:
 - **Book:** surname in lower case and name of each author, year of publication, title in italics, place and country (in brackets), publisher and DOI.
 - **Journal:** surname in lower case and name of each author, year, title in quotes, name of the journal in italics, volume and number of the journal (in parentheses), pages and DOI.
 - Preferably, the author’s full name should be cited. First names should not be reduced to initials to avoid confusion and ambiguity. Do not omit the second surnames of the authors of the works being cited. Authors’ middle initials (generally used by non-Spanish authors) should not be omitted either.
 - Authors must submit bibliographic references with their corresponding DOIs, which must be in the format <https://doi.org/10.9999/...> and be clickable. The word “DOI” should not be written in front of the url. Never put a full stop at the end of a doi or url, as this can cause the link not to work when clicked. To find out the DOI of an article, you can use the form provided by CrossRef: <https://apps.crossref.org/simpleTextQuery/>
For example:
Alfaro-Rodríguez, Evelyn. 2017: “La Red Social del Abasto Urbano: Aguadores y fiadores en Zatecas, México (siglo XIX)”. *Agua y Territorio*, 9, 11-21. <https://doi.org/10.17561/at.v0i9.3473>.
- If several works by the same author are cited, the author’s name should not be replaced by a dash. In addition, if the works of the same author also

- En caso de que se citen varios trabajos de un mismo autor, no debe ponerse una raya en sustitución del nombre del autor. Además, si los trabajos del mismo autor pertenecen también al mismo año, se deberán marcar con letras (a, b...).
 - No debe ponerse et al. en las referencias bibliográficas. Cuando haya más de un autor, deben incluirse los nombres y apellidos de todos ellos en la bibliografía final. Deben separarse los autores mediante punto y coma (;). El último autor debe separarse también con punto y coma (;). No hay que poner “y”, “and”, “&”, “et”, “e”, “i” antes del último autor. Siempre usar (;) que es un signo universal.
 - Cuando se trate de páginas web, no debe escribirse “Recuperado de”, “Internet”, “Online”, “Disponible en”, etc. Tampoco debe escribirse “Consultado en 99/99/9999”.
 - En los artículos *online first*, no hay que poner las páginas (pp.). Algunas revistas publican una versión online provisional sin paginación (online first), previa a la definitiva, que estará paginada. En las referencias y citas a estos artículos no hay que poner la paginación. Por ejemplo, si el artículo tiene 9 páginas, no hay que poner pp. 1-9. En su lugar, hay que poner “online first”, y, en su caso, el número de artículo que haya asignado la revista (p. ej., e450678 o art. 453). Si ya se ha publicado la versión definitiva, hay que citar esta con el año de publicación.
 - Tampoco hay que poner las páginas (pp.) en los artículos de revistas de edición continua, pues siempre van paginados de 1 a n. No hay que indicar pp. 1-n, pues esto solo se pone en las revistas que pagan el número o el volumen completo. Como en el caso anterior, en lugar de pp. hay que poner el número de artículo que a veces asigna la revista (p. ej., e450678 o art. 453) o no poner nada. Con el vol. y el núm. es suficiente.
- belong to the same year, they should be marked with letters (a, b...).
- Do not include et al. in the bibliographical references. When there is more than one author, the names and surnames of all of them should be included in the final bibliography. Authors should be separated by a semicolon (;). The last author should also be separated by a semicolon (;). Do not put “and”, “and”, “&”, “et”, “e”, “i” before the last author. Always use ; which is a universal sign.
 - In the case of web pages, do not write “Retrieved from”, “Internet”, “Online”, “Available at”, etc. Also do not write “Retrieved on 99/99/99/9999”.
 - In online first articles, the pages (pp.) do not have to be indicated. Some journals publish a provisional online version without pagination (online first), prior to the definitive version, which will be paginated. In references and citations to these articles, the pagination does not have to be given. For example, if the article is 9 pages long, do not put pp. 1-9. Instead, you should write “online first” and, if applicable, the article number assigned by the journal (e.g. e450678 or art. 453). If the definitive version has already been published, this should be cited with the year of publication.
 - Nor should the pages (pp.) be indicated in articles in continuous edition journals, as they are always paginated from 1 to n. It is not necessary to indicate pp. 1-n, as this is only used in journals that page the whole issue or volume. As in the previous case, instead of pp. the article number sometimes assigned by the journal (e.g. e450678 or art. 453) should be given, or nothing at all. The vol. and no. are sufficient.

Examples of bibliographic references:

Book:

Ejemplos de referencias bibliográficas:

Libros:

- Aguilar Rojas, Grethel; Iza, Alejandro (Eds.). 2009: *Gobernanza de aguas compartidas. Aspectos jurídicos e institucionales*. San José (Costa Rica), UICN Oficina Regional de Mesoamérica.
- Ávila Quijas, Aquiles Omar; Gómez Serrano, Jesús; Escobar Ohmstedte, Antonio; Sánchez Rodríguez, Martín (Coords.). 2009: *Negociaciones, acuerdos y conflictos en México, siglos XIX y XX. Agua y tierra*. Zamora (México), El Colegio de Michoacán, Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social (CIESAS), Universidad Autónoma de Aguascalientes.
- García, Manuel Jesús. 2007a: *Agua y Salud en la primera mitad del siglo XX*. Madrid (España), Tecnos.

- Aguilar Rojas, Grethel; Iza, Alejandro (Eds.). 2009: *Gobernanza de aguas compartidas. Aspectos jurídicos e institucionales*. San José (Costa Rica), UICN Oficina Regional de Mesoamérica.
- Ávila Quijas, Aquiles Omar; Gómez Serrano, Jesús; Escobar Ohmstedte, Antonio; Sánchez Rodríguez, Martín (Coords.). 2009: *Negociaciones, acuerdos y conflictos en México, siglos XIX y XX. Agua y tierra*. Zamora (México), El Colegio de Michoacán, Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social (CIESAS), Universidad Autónoma de Aguascalientes.
- García, Manuel Jesús. 2007a: *Agua y Salud en la primera mitad del siglo XX*. Madrid (España), Tecnos.
- Matés-Barco, Juan Manuel (Ed.). 2019: *Empresas y empresarios en España. De mercaderes a industriales*. Madrid (España), Pirámide.

Matés-Barco, Juan Manuel (Ed.). 2019: Empresas y empresarios en España. De mercaderes a industriales. Madrid (España), Pirámide.

Urzúa Orozco, A. y Hernández Zaragoza, G. (Comps.) 1988: **Jalisco, testimonio de sus gobernantes: 1882-1911. Tomo II.** Guadalajara (México), Unidad Editorial del Gobierno del Estado de Jalisco.

Société Internationale Jean-Baptiste Say (Ed.). 2015: *Et Jean-Baptiste Say...créa l'Entrepreneur*. Bruxelles (Belgique), P.I.E. Peter Lang. <https://doi.org/10.3726/978-3-0352-6525-5>

Urzúa Orozco, Aida; Hernández Zaragoza, Gilberto (Comps.). 1988: *Jalisco, testimonio de sus gobernantes: 1882-1911. Tomo II.* Guadalajara (México), Unidad Editorial del Gobierno del Estado de Jalisco.

Capítulos de libro o libros colectivos:

Castro-Valdivia, Mariano. 2021: "The Influence of the Entrepreneur as a determining factor in the History of the Company", Vázquez-Fariñas, María; Ortúñez-Goicolea, Pedro Pablo; Castro-Valdivia, Mariano (Eds.), *Companies and Entrepreneurs in the History of Spain. Centuries Long Evolution in Business since the 15th century*. London (United Kingdom), Palgrave Macmillan, 1-16. https://doi.org/10.1007/978-3-030-61318-1_1

González, Pedro. 2006: "El abastecimiento urbano de agua en Andalucía", en Pérez, José; González, Manuel (Coords.), *Agua, territorio y patrimonio*. Cáceres (España), Junta de Extremadura, 19-44.

Wolf, Aaron T. 1999: "Water wars" and water reality: Conflict and Cooperation Along International Waterways", en Lonergan, Stephen Colnon (Ed.), *Environmental Change, Adaptation, and Security*. Dordrecht (Netherlands), Kluwer Academic Publishers, 251-265. https://doi.org/10.1007/978-94-011-4219-9_18

Artículo de revista (deben incluir el DOI):

Matés-Barco, Juan Manuel. 2013: "La conquista del agua en Europa: los modelos de gestión (siglos XIX y XX)". *Agua y Territorio*, 1, 21-29. <http://dx.doi.org/10.17561/at.v1i1.1030>

Razzolini, María Tereza Pepe; Günter, Wanda Maria Risso. 2008: "Impactos na Saúde das Deficiências de Acesso a Água". *Revista Saúde & Sociedade*, 17 (1), 21-32. <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-12902008000100003>

Wolf, Aaron T.; Yoffe, Shira B.; Giordano, Mark. 2003: "International waters: identifying basins at risk". *Water policy*, 5 (1), 29-60. <https://doi.org/10.2166/wp.2003.0002>

Cini, Ricardo; Rosaneli, Caroline; Cunha, Thiago. 2018: "Soberania alimentar na interseção entre bioética e direitos humanos: uma revisão integrativa da literatura". *Revista de Bioética y Derecho*, 42, 51-69.

Tesis:

Riquelme Salazar, Carolina. 2013: *El derecho al uso privativo de las aguas en España y Chile. Un estudio de derecho comparado*, tesis doctoral, Universitat Rovira i Virgili, Tarragona (España).

Urzúa Orozco, A. y Hernández Zaragoza, G. (Comps.) 1988: **Jalisco, testimonio de sus gobernantes: 1882-1911. Tomo II.** Guadalajara (México), Unidad Editorial del Gobierno del Estado de Jalisco.

Société Internationale Jean-Baptiste Say (Ed.). 2015: *Et Jean-Baptiste Say...créa l'Entrepreneur*. Bruxelles (Belgique), P.I.E. Peter Lang. <https://doi.org/10.3726/978-3-0352-6525-5>

Urzúa Orozco, Aida; Hernández Zaragoza, Gilberto (Comps.). 1988: *Jalisco, testimonio de sus gobernantes: 1882-1911. Tomo II.* Guadalajara (México), Unidad Editorial del Gobierno del Estado de Jalisco.

Book chapter or collective book:

Castro-Valdivia, Mariano. 2021: "The Influence of the Entrepreneur as a determining factor in the History of the Company", Vázquez-Fariñas, María; Ortúñez-Goicolea, Pedro Pablo; Castro-Valdivia, Mariano (Eds.), *Companies and Entrepreneurs in the History of Spain. Centuries Long Evolution in Business since the 15th century*. London (United Kingdom), Palgrave Macmillan, 1-16. https://doi.org/10.1007/978-3-030-61318-1_1

González, Pedro. 2006: "El abastecimiento urbano de agua en Andalucía", Pérez, José; González, Manuel (Coords.), *Agua, territorio y patrimonio*. Cáceres (España), Junta de Extremadura, 19-44.

Wolf, Aaron T. 1999: "Water wars" and water reality: Conflict and Cooperation Along International Waterways", en Lonergan, Stephen Colnon (Ed.), *Environmental Change, Adaptation, and Security*. Dordrecht (Netherlands), Kluwer Academic Publishers, 251-265. https://doi.org/10.1007/978-94-011-4219-9_18

Journal article (must include DOI):

Matés-Barco, Juan Manuel. 2013: "La conquista del agua en Europa: los modelos de gestión (siglos XIX y XX)". *Agua y Territorio*, 1, 21-29. <http://dx.doi.org/10.17561/at.v1i1.1030>

Razzolini, María Tereza Pepe; Günter, Wanda Maria Risso. 2008: "Impactos na Saúde das Deficiências de Acesso a Água". *Revista Saúde & Sociedade*, 17 (1), 21-32. <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-12902008000100003>

Wolf, Aaron T.; Yoffe, Shira B.; Giordano, Mark. 2003: "International waters: identifying basins at risk". *Water policy*, 5 (1), 29-60. <https://doi.org/10.2166/wp.2003.0002>

Cini, Ricardo; Rosaneli, Caroline; Cunha, Thiago. 2018: "Soberania alimentar na interseção entre bioética e direitos humanos: uma revisão integrativa da literatura". *Revista de Bioética y Derecho*, 42, 51-69.

Thesis:

Riquelme Salazar, Carolina. 2013: *El derecho al uso privativo de las aguas en España y Chile. Un estudio de derecho comparado*, tesis doctoral, Universitat Rovira i Virgili, Tarragona (España).

Página web:

Agencia Latinoamericana de Información (ALAI) 2014: *Declaración de Suyul*. <https://www.alainet.org/es/active/77239>

Website:

Agencia Latinoamericana de Información (ALAI) 2014: *Declaración de Suyul*. <https://www.alainet.org/es/active/77239>

Advertencias:

- En el texto, desarrollar todas las abreviaturas empleadas, excepto las ampliamente utilizadas como etc, km, ha....
- Los apartados en el texto no irán numerados, irá su enunciado en minúscula, con interlineado a doble espacio. No se harán subapartados.
- No utilizar negritas en el texto. Las cursivas se utilizarán sólo en palabras de especial interés en el contenido de cada artículo o de otro idioma.
- Use el punto (.) para señalar los millares y la coma decimal (,) para las fracciones decimales.
- Deje un espacio entre la cifra y el porcentaje (58 %) y entre el número y la cifra (núm. 58).
- Cuando se repitan en el artículo citas de una misma obra o trabajos de un mismo autor, remitimos a lo ya indicado. NO usen abreviaturas *Op. Cit., Vid. o Cif. Idem, Ibidem...*
- Es conveniente la utilización de minúsculas en las iniciales de cargos (alcalde, capitán...), títulos (conde...), tratamientos (licenciado...), dejando el uso de las mayúsculas para los casos de instituciones relevantes.
- Las referencias bibliográficas han de ir siempre en notas y no en el texto.
- Los incisos entre guiones deben siempre —como en este ejemplo— marcarse con un guión largo.
- Se evitarán las citas textuales. Si excepcionalmente se incluyen, deberán ser breves y a espacio sencillo, tamaño de letra Times New Roman 10 y con sangrado.

Por ejemplo:

Ante esa condición, el Ayuntamiento mostró su rechazo, argumentando que las aguas que abastecían a la ciudad no tenían precio y no se vendían por cuenta del municipio; sino que eran recogidas o extraídas y conducidas a las fuentes públicas, donde las tomaba todo el mundo: el pobre, el rico y el aguador, quien las repartía a domicilio y al cual no se le pagaba por el

Recommendations:

- In the text, develop all the abbreviations used, except those widely used such as etc., km, ha...
- The sections in the text will not be numbered, their statement will be in lower case, with double spaced. There will be no subsections.
- Do not use bold type in the text. Italics will be used only in words of special interest in the content of each article or in another language.
- Use the full stop (.) to denote the thousands and the decimal comma (,) for the decimal fractions.
- Leave a space between the number and the percentage (58 %) and between the number and the digit (No. 58).
- When quotes from the same work or works by the same author are repeated in the article, we refer to what has already been indicated. DO NOT use abbreviations such as *Op. Cit., Vid. or Cif. Idem, Ibidem...*
- It is convenient to use lowercase letters in the initials of positions (mayor, captain...), titles (count...), treatments (graduate...), leaving the use of capital letters for the cases of relevant institutions.
- Bibliographic references should always be in notes and not in the text.
- Clarifications between dashes should always – -as in this example-- be marked with a long dash.
- Textual quotations should be avoided. If they are exceptionally included, they should be brief and single-spaced, Times New Roman 10 font size and indented.

For example:

Ante esa condición, el Ayuntamiento mostró su rechazo, argumentando que las aguas que abastecían a la ciudad no tenían precio y no se vendían por cuenta del municipio; sino que eran recogidas o extraídas y conducidas a las fuentes públicas, donde las tomaba todo el mundo: el pobre, el rico y el aguador, quien las repartía a domicilio y al cual no se le pagaba por el

líquido, sino por su trabajo de acarreo. De tal manera opinaban que:

“Sería ilusorio el beneficio de surtir a la ciudad con 500,000 galones de agua potable, si el agua se hubiera de vender, si esa agua hubiere de ser en muchos casos, para el pobre, el suplicio de Tántalo; ver correr agua en abundancia, tener sed y no poderla saciar por la falta de un centavo con que comprarla. ¿Cómo exigir del pueblo el aseo y la higiene domiciliaria, sin los elementos necesarios para el objeto y de los que ahora dispone gratuitamente, se le habría de suministrar a costa de dinero?”¹.

En Zacatecas, la venta de agua fue uno de los puntos que se topó con la reprobación del municipio, el cual rechazó todo contrato que fijara algún precio por el agua, pues se creía que cualquier iniciativa que fijara un costo por el líquido estaba en contra del progreso y las mejoras de la ciudad.

líquido, sino por su trabajo de acarreo. De tal manera opinaban que:

“Sería ilusorio el beneficio de surtir a la ciudad con 500,000 galones de agua potable, si el agua se hubiera de vender, si esa agua hubiere de ser en muchos casos, para el pobre, el suplicio de Tántalo; ver correr agua en abundancia, tener sed y no poderla saciar por la falta de un centavo con que comprarla. ¿Cómo exigir del pueblo el aseo y la higiene domiciliaria, sin los elementos necesarios para el objeto y de los que ahora dispone gratuitamente, se le habría de suministrar a costa de dinero?”¹.

En Zacatecas, la venta de agua fue uno de los puntos que se topó con la reprobación del municipio, el cual rechazó todo contrato que fijara algún precio por el agua, pues se creía que cualquier iniciativa que fijara un costo por el líquido estaba en contra del progreso y las mejoras de la ciudad.

Normas para el envío de Reseñas

- Las reseñas deberán ir precedidas de todos los datos del libro o trabajo reseñado, siguiendo estos criterios: apellidos del autor en mayúscula, nombre completo, año de edición, título en cursiva, lugar de edición, editorial, número de páginas, ISBN.

Ejemplo:

FERREIRA, Francisco, 2005: *Estado del agua en Costa Rica*. México D.F. (México), Editorial Siglo XXI, 300 págs. ISBN 968-496-500-4.

- Tendrán una extensión máxima de 1.500 palabras y seguirán las normas generales de la revista. El nombre del autor de la reseña figurará al final, seguido de su filiación académica y correo electrónico.
- Se entiende por reseña crítica aquella que contextualiza la obra reseñada, señalando su relevancia y las razones que explican la elaboración de la reseña. Debe señalarse la importancia del tema que aborda y la discusión historiográfica en la que se inscribe, señalando también el contexto en el que aparece la obra en cuestión, enmarcándola en la trayectoria del autor, en el marco de otras obras existentes sobre el tema y relacionándola con la problemática conceptual y metodológica que aborda, así como en función de las fuentes empleadas.
- Las reseñas se enviarán a través de [http://revistas electronicas.ujaen.es](http://revistaselectronicas.ujaen.es).

Review Guidelines

- Reviews must be preceded by all the details of the book or work reviewed, following these criteria: author's surname in capital letters, full name in small letters, year of publication, title in italics, place of publication, publisher, number of pages, ISBN.

Example:

FERREIRA, Francisco, 2005: *Estado del agua en Costa Rica*. México D.F. (México), Editorial Siglo XXI, 300 págs. ISBN 968-496-500-4.

- They will have a maximum length of 1,500 words and will follow the general guidelines of the journal. The name of the author of the review will appear at the end, followed by his/her academic affiliation and e-mail address.
- A critical review is understood as one that contextualizes the reviewed work, pointing out its relevance and the reasons that explain the publication of the review. The importance of the topic it addresses and the historiographical discussion in which it is inscribed must be indicated, also identifying the context in which the work in question appears, framing it in the author's career, within the framework of other existing publications on the subject and relating it to with the conceptual and methodological problems it addresses, as well as according to the sources used.
- The reviews will be sent via [http://revistas electronicas.ujaen.es](http://revistaselectronicas.ujaen.es).

- El editor de reseñas evaluará la conveniencia de su publicación. Si se desea proponer la reseña de un determinado libro. Éste deberá enviarse por correo a la siguiente dirección postal: Dr. Juan Manuel Matés-Barco. Departamento de Economía. Campus Las Lagunillas, s/n. Facultad de Ciencias Sociales y Jurídicas. Universidad de Jaén. 23071 Jaén. España. También se podrá enviar copia digital del libro al correo electrónico revista-at@ujaen.es
- The review editor will evaluate whether the review it is appropriate to be published. To propose the a review of a certain book, it should be sent by mail to the following postal address: Dr. Juan Manuel Matés-Barco. Departamento de Economía. Campus Las Lagunillas, s/n. Facultad de Ciencias Sociales y Jurídicas. Universidad de Jaén. 23071 Jaén. España. A digital copy of the book can also be sent to the email revista-at@ujaen.es

Normas para la entrega de originales de la sección Entrevistas / Relatos de Experiencia; Eventos / Proyectos y Opinión

Los artículos tendrán un máximo de 5.000 palabras y se atenderán a las normas del resto de las secciones. De forma excepcional se podrán aceptar aportaciones con mayor extensión.

Guidelines for the submission of manuscripts in the Interviews/ Case Reports section; Events/ Projects and Opinion

The contributions will have a maximum of 5,000 words and will follow the rules of the rest of the sections. Exceptionally, longer contributions may be accepted.

Revista semestral patrocinada por el Seminario Permanente Agua, territorio y Medio Ambiente (CSIC) y editada por la Universidad de Jaén. Dirigida a la comunidad científica desde varias perspectivas científicas. Son de interés los enfoques históricos, económicos, territoriales y sociales, que posibilitan los estudios sobre el agua en el ámbito iberoamericano y mediterráneo.

Agua y Territorio / Water and Landscape (AYT-WAL) consta esencialmente de tres secciones:

- ▶ **Dossier:** artículos relacionados con una temática común
- ▶ **Miscelánea:** artículos de temática libre
- ▶ **Reseñas y otras secciones:** Documentos y Archivos, Entrevistas, Relatos de experiencia, eventos, Proyectos, y Opinión

La Revista considera solo trabajos originales que no hayan sido publicados anteriormente.

Agua y Territorio / Water and Landscape (AYT-WAL) quiere servir como instrumento para la concertación entre grupos sociales y gobiernos que se ven involucrados en los numerosos conflictos y disputas por la utilización del agua, la búsqueda de un nuevo modelo de desarrollo y la promoción de alternativas posibles para contener el deterioro de los ecosistemas. Por su temática y por la proyección iberoamericana y mediterránea de la revista, tiene una clara vocación internacional que se refleja en su Consejo Asesor y de Redacción.

Agua y Territorio / Water and Landscape (AYT-WAL) centra su atención en varios aspectos vinculados al agua: políticas públicas, participación ciudadana, modelos de desarrollo y medioambientales, paisaje, memoria, salud y patrimonio hidráulico. Publica y difunde trabajos que alientan los intercambios de experiencias de cualquier país o continente. Pretende ser una plataforma de estudios sobre el agua capaz de recoger realidades muy diversas, con peculiaridades económicas, sociales, culturales y ambientales muy definidas y heterogéneas.

Agua y Territorio / Water and Landscape (AYT-WAL) aspira a ser recogida en los más exigentes repertorios y bases de datos bibliográficas por lo que desde su primer número cumple los requisitos en esta materia.

Agua y Territorio / Water and Landscape (AYT-WAL) se encuentra incorporada a:

Scopus®



Dialnet
dialnet.unirioja.es/

CRUE
REBIUN
Red de Bibliotecas Universitarias
www.rebiun.org

MIAR 2015 Live
miar.ub.edu
Matriz de Información para el Análisis de Revistas

REDIB | Red Iberoamericana
de Innovación y Conocimiento Científico
www.redib.org

Web of Science Group
<https://mjli.clarivate.com/search-results>

latindex
Sistema Regional de Información en Línea para
Revistas Científicas de América Latina,
el Caribe, España y Portugal
<http://www.latindex.unam.mx>

DULCINEA
<http://www.accesodirecto.net/dulcinea/>
Derechos de explotación y permisos
para el auto-archivo de revistas científicas españolas

SHERPA/ROMEO
<https://dev.sherpa.ac.uk/romeo/search.php?issn=2340-8472&type=issn&la=en&flDnum=|&mode=simple>

C.I.R.C. EC3metrics
Clasificación Integrada de Revistas Científicas
<https://clasificacioncirc.es/inicio>

Google Académico
<https://scholar.google.es/citations?hl=es&user=K1Cjk-sAAAAJ>



Miscelánea

Miguel Martínez Monedero, Jaime Vergara Muñoz

El «Puente romano» de Cangas de Onís (Asturias, España) y la intervención de Luis Menéndez-Pidal (1940-1942): la recuperación del paisaje fluvial a través de la conservación del puente

The "Roman Bridge" of Cangas de Onís (Asturias, Spain) and the intervention of Luis Menéndez-Pidal (1940-1942): the recovery of the river landscape through the conservation of the bridge 5

Mayelin González Trujillo, Rogelio García Tejera, María Teresa Durán Silveira, Celia Rosa Grau Cádiz

La influencia del uso del suelo en la vulnerabilidad de un acuífero en la cuenca hidrográfica San Juan, Cuba

The impact of land use on the vulnerability of an aquifer in the San Juan watershed, Cuba 21

Gonzalo Hatch-Kuri, José Joel Carrillo-Rivera

Conceptos científicos y sus implicaciones políticas en el manejo de las aguastransfronterizas

México-Estados Unidos: ¿Acuífero transfronterizo o aguassubterráneas transfronterizas?

Scientific concepts and their political implications in the management of Mexico-U.S. Transboundary water courses:

Transboundary Aquifer or Transboundary Groundwater? 37

Karen Giovanna Añaños Bedriñana, Miguel Ruiz Carnero, José Antonio Rodríguez Martín

El derecho humano al agua en la Franja de Gaza (Palestina), desde una perspectiva de género y en el marco de los Objetivos de Desarrollo Sostenible

The human right to water in the Gaza Strip from a gender perspective, in the framework of the Sustainable Development Goals 53

Antonio Gallegos Reina

Cambio en los patrones territoriales y análisis de inundabilidad y erodabilidad en cuencas de la provincia de Málaga, España (1956-2010)

Evolution of the territory and analysis of flooding and water erosion between 1956 and 2010: case study in the province of Malaga (Spain) 69

Mariana Schmidt, Melina Tobías, Gabriela Merlinsky, Virginia Toledo López

Conflictos por el agua y el uso de agroquímicos en Salta y Santiago del Estero, Argentina: un análisis desde la ecología política

Conflicts over water and the use of agrochemicals in Salta and Santiago del Estero, Argentina: a political ecology analysis 85

Monica Cardozo, Marcelo Bentes Diniz, Claudio Fabian Szlafsztein

Los servicios ecosistémicos de los recursos hídricos de la cuenca Amazónica como Bienes Públicos Globales

Amazon Basin water resources ecosystem services on the approach of Global Public Goods 103

Cristiane Matos da Silva, Otávio Noura Teixeira, Júnior Hiroyuki Ishihara

Uso de la Teoría de Juegos como herramienta para identificar y mitigar conflictos por el uso del agua en el área cubierta por la UHE Estreito - MA - Brasil

Use of Game Theory as a tool for identifying and mitigating conflicts over water use in the area covered by the Estreito HPP - MA - Brazil 121

José Andelfo Lizcano Caro, Rubén Medina Daza, Sylvia Lorena Serafín González, Jesús Rodríguez Rodríguez, Mario Guadalupe González Pérez

Política tarifaria del agua potable: vulnerabilidad, regulación y sostenibilidad en el caso colombiano

Drinking water tariff policy: vulnerability, regulation, and sustainability in the Colombian case 135

Reseñas bibliográficas

Facundo Rojas

QUADROS RÜCKERT, Fabiano, Fábio Alexandre dos SANTOS, Guillermo Banzato (coords.) 2021:

Aguas y políticas públicas en Argentina, Brasil y México 151

Normas de publicación / Journal policies 155