



water and landscape

AGUA y TERRITORIO

Número 17 · enero - junio 2021

ISSN 2340-8472 · ISSN-e 2340- 7743 · DOI 10.17561/at.17



La Gestión del Agua en España, México y Argentina



Universidad de Jaén (España)





water and landscape

AGUA y TERRITORIO

Número 17 | Enero -junio 2021

La Gestión del Agua en España, México y Argentina

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

ISSN 2340-8472

ISSNe 2340-7743

DOI 10.17561/at.17

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 Lázia.

Estilos y maqueta: [Publicaciones Académicas](#)

Fotografía de la cubierta: Fuente de los Cinco Caños. Alcaucín (Málaga, España) - Autor: Diego Gorgati (Argentina)

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.

© 2021 - Universidad de Jaén (España)

CC-BY-SA

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

Inmaculada Simón Ruiz, Universidad Autónoma de Chile, Chile

Alicia Torres Rodríguez, Universidad de Guadalajara, México

Jesús Vargas Molina, Universidad Pablo de Olavide, España

Casey Walsh, University of California, Santa Barbara, USA

Jordi Bolós, Universitat de Lleida, España

Cayetano Espejo Marín, Universidad de Murcia, España

José Juan Pablo Rojas-Ramírez, Universidad de Guadalajara, México

David Soto Fernández, Universidad de Santiago de Compostela, España

Juan Infante Amate, Universidad de Granada, España

Encarnación Gil Messeguer, Univ. de Murcia, España

Luis Castro Castro, Universidad de Tarapacá, Chile

Encarnación Moral Pajares, Universidad de Jaén, España

Marcelo Carlos Gantos, Universidade Estadual do Norte Fluminense, Brasil

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

Olivia Topete Pozas, Universidad Nacional Autónoma de México, México

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

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

Soênia María 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

Jorge Regalado Santillán, Universidad de Guadalajara, México

Antonio Embid Irujo, Universidad de Zaragoza, España

Juan Antonio González Martín, Universidad Autónoma de Madrid, España

Carlos Larrinaga Rodríguez, Universidad de Granada, España

Julia Martínez Fernández, Universidad Miguel Hernández, España

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

Leandro del Moral Ituarte, Universidad de Sevilla, España

Concepción Fidalgo Hijano, Universidad Autónoma de Madrid, España

Léo Heller, Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil

Eloy Martos Núñez, Universidad de Extremadura, España

Lucía De Stefano, Universidad Complutense, España

Francisco, da Silva Costa, Universidade do Minho, Portugal

María Luisa Feijoo Bello, Universidad de Zaragoza, España

Guillermo Banzato, Universidad Nacional de La Plata, Argentina

Martín Sánchez Rodríguez, El Colegio de Michoacán, México

Isabel María Román Sánchez, Universidad de Almería, España

Nuria Hernández Mora, Fundación Nueva Cultura del Agua, España

Joaquín Melgarejo Moreno, Universidad de Alicante, España

Pilar Paneque Salgado, Universidad Pablo de Olavide, España

Jorge Chinae, Wayne State University, Estados Unidos

Roberto Bustos Cara, Universidad Nacional del Sur, Argentina

Jorge Olcina Cantos, Universidad de Alicante, España

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

Wagner Costa Ribeiro, Universidad de São Paulo, Brasil

Dossier**La gestión del agua en España, México y Argentina: estudios de caso** _____ 5

Guillermo Banzato

Silvina Belmonte; Emilce de las Mercedes López; María de los Ángeles García

Identificación de áreas prioritarias para la gestión del agua en el Chaco salteño, Argentina _____ 7

Aldo Antonio Casteñeda Villanueva

Evolución de la gestión del agua en municipios de México: Estudio de un Organismo Público Descentralizado en Los Altos de Jalisco (2013-2018) _____ 33

Enrique Castillo-Figueroa

La población en riesgo y la calidad del agua al sur de la Zona Metropolitana de Guadalajara (Jalisco, México) _____ 55

Encarnación Moral Pajares; Leticia Gallego Valero; Francisco García Moral; Isabel M. Román Sánchez

Depuración de Aguas Residuales y uso De Aguas Regeneradas: Un Análisis Descriptivo del Caso de la Provincia de Jaén _____ 77

Guillermo Banzato

Tendencias seculares e innovaciones en la gestión de las obras hidráulicas en la cuenca del río Salado (provincial de Buenos Aires, Argentina, 1875-1915/1983-2018) _____ 93**Miscelánea**

Jesús Rosino-Rosino; José Luis Legido-Soto; María Lourdes Mourelle-Mosqueira;

Carmen Paula Gómez-Pérez; Jesús Raúl Navarro-García

La Peloterapia: historia, características y propiedades _____ 111

Aline Maria Meiguins de Lima; José Augusto Martins Corrêa; Letícia Magalhães

da Silva; Susane Cristini Gomes Ferreira

Análise da relação entre a paisagem e a hidrogeoquímica da bacia hidrográfica do rio Moju, Amazônia Oriental-Brasil _____ 131**Normas de publicación / Journal policies** _____ 151

Dossier

Water management in Spain, Mexico and Argentina: case studies _____ 5

Guillermo Banzato

Silvina Belmonte; Emilce de las Mercedes López; María de los Ángeles García

Identification of priority areas for water management in the Cahzo salteño, Argentina _____ 7

Aldo Antonio Casteñeda Villanueva

Evolution of Municipal Water Management in Mexico: A Study of a Decentralized Public Agency in Los Altos de Jalisco (2013-2018) _____ 33

Enrique Castillo-Figueroa

The population at risk and the quality of the water in the south of the Guadalajara Metropolitan Area (Jalisco, México) _____ 55

Encarnación Moral Pajares; Leticia Gallego Valero; Francisco García Moral; Isabel M. Román Sánchez

Wastewater Treatment and Use of Reclaimed Water: A Descriptive Analysis of The Case of The Province of Jaén _____ 77

Guillermo Banzato

Secular Trends and Innovations in the Management of Hydraulic Works in the Salado River Basin (Province of Buenos Aires, Argentina, 1875-1915/1983-2018) _____ 93

Miscelánea

Jesús Rosino-Rosino; José Luis Legido-Soto; María Lourdes Mourelle-Mosqueira;

Carmen Paula Gómez-Pérez; Jesús Raúl Navarro-García

Pelotherapy: history, characteristics and properties _____ 111

Aline Maria Meiguins de Lima; José Augusto Martins Corrêa; Letícia Ma-

galhães da Silva; Susane Cristini Gomes Ferreira

Analysis of the relationship between landscape and hydrogeochemistry of the Moju river basin, Eastern Amazon-Brazil _____ 131

Normas de publicación / Journal policies _____ 151



La gestión del agua en España, México y Argentina: estudios de caso

Water management in Spain, Mexico and Argentina: case studies

Gestão da água na Espanha, México e Argentina: estudos de caso

Gestion de l'eau en Espagne, au Mexique et en Argentine: études de cas

Gestione delle acque in Spagna, Messico e Argentina: casi di studio

Guillermo Banzato

Universidad Nacional de La Plata-CONICET

La Plata, Argentina

gbanzato@fahce.unlp.edu.ar

 <https://orcid.org/0000-0003-3250-8768>

ISSN 2340-8472

ISSNe 2340-7743

DOI 10.17561/AT.17.5774

© CC-BY-SA

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

Este dossier se compone de cinco trabajos que reflejan diversos aspectos de la gestión del agua en tres territorios tan diferentes como los de España, México y Argentina, pero incluyendo algunos itinerarios y comportamientos similares de sus dirigentes. Por supuesto que los estudios que aquí se presentan no pretenden ser representativos, sino que dan cuenta de la complejidad de problemas que giran en torno a la disponibilidad y el uso compartido del agua, y de las respuestas (e inacciones) desde la administración pública. Al mismo tiempo, se trata de reflejar múltiples miradas disciplinares, con metodologías y desarrollos teóricos diversos, pero cuyas conclusiones apuntan a un enlace que sabemos complejo, pero posible y necesario, con los gestores públicos para que puedan utilizar estos resultados con el fin de mejorar las condiciones materiales de vida de las poblaciones.

Estos trabajos abordan la gestión del agua para consumo y la del agua que surca áreas rurales. En el primer caso se abordan las políticas para controlar las condiciones en que se encuentra el agua antes de llegar a los hogares tanto como el estado en que se devuelve al medioambiente una vez utilizada y regresa al ciclo vital de consumo. En el segundo caso, se establecen las estrategias para paliar los excesos de agua en territorios agroganaderos. En todos los trabajos hay una preocupación por el formato de las agencias del estado y su capacidad de acción.

Belmonte, López y García se centran en los problemas del agua en las áreas rurales del Departamento de Rivadavia, provincia de Salta, Argentina, una región sumamente postergada y vulnerada. Se basan en una metodología sociotécnica y territorial, utilizando herramientas de evaluación multi criterio y sistema de información geográfica, combinadas con un proceso de investigación acción participativa. Los resultados a los que llegan se despliegan en tres temas fundamentales: la accesibilidad del agua para consumo, con valores deficientes para todos los criterios utilizados; la gestión, a cargo de numerosas instituciones públicas y de la sociedad civil que se solapan en el territorio y tienen escasa eficiencia, y la calidad del recurso hídrico subterráneo, también con unos valores de malos a críticos. Las autoras abogan por un proceso de articulación institucional territorial, que integre a la población en la toma de decisiones, teniendo en cuenta la equidad de género y etnia.

Castañeda aborda la gestión del agua en el municipio de Tepatitlán de Morelos en el estado de Jalisco, Méxi-

co. Se apoya en el marco analítico de la gobernanza y la gestión integral de los recursos hídricos para estudiar el funcionamiento del organismo público descentralizado ASTEPA. Realiza un minucioso análisis de los antecedentes en administración del agua en los diferentes niveles de gobierno, detallando el marco normativo y el organigrama de gestión. Asimismo, se ocupa de caracterizar socioeconómicamente el municipio y cada uno de los actores que intervienen en la gobernanza del agua, analizando las variables centrales de la administración de ASTEPA y sus resultados. El autor concluye que la descentralización de la gestión realizada en los últimos años ha conseguido algunos logros importantes, aunque quedan algunas cuestiones por resolver, proponiendo que el organismo integre a la comunidad a su consejo de administración, repase sus prioridades de obras y mejore la transparencia en el manejo de los recursos.

El artículo de Castillo se concentra en los problemas del agua de consumo en el polígono de fragilidad ambiental que integran diez municipios de la zona metropolitana de Guadalajara, México. El autor realiza una revisión de investigaciones realizadas entre 1980 y 2017, un mapeo de datos y una estimación de riesgo sanitario para la población. El panorama ambiental del polígono se caracteriza por la alta contaminación de ríos y represas debido a la alta concentración industrial sin tratamiento de aguas residuales, con una calidad del agua en la última presa (El Ahogado) que puede calificarse de contaminación severa. La representación cartográfica ha permitido determinar que medio millón de habitantes están expuestos a una alta proporción de metales pesados en las aguas superficiales. Asimismo, se demuestra una tensión entre la actividad manufacturera sin controles y la actividad agrícola que tiene que utilizar el agua de las presas contaminadas. Las autoridades en todos los niveles de gobierno, que desde la década de 1980 conocen los datos de la alta contaminación existente, reconocieron la gravedad de la situación en 2010, pero no consiguen establecer medidas de control para las empresas, ni de urbanización segura para la población.

La cuestión de la depuración y el posterior uso del agua es abordada para la provincia de Jaén (España) por Moral, Gallego, García y Román. Realizan un estudio comparativo sobre el estado de cumplimiento de la legislación europea en los países de la Unión, concentrándose luego en el caso jiennense. Revisan la información disponible sobre la red de colectores, la distribución y la capacidad de las plantas depuradoras y la situación actual de la reutilización de las aguas

residuales. La provincia de Jaén tiene un bajo nivel de cumplimiento de las normativas de la UE en cuanto al tratamiento de las aguas y reutiliza para usos agrícolas una cantidad ínfima del agua que depura, cuando sería muy importante que lo hiciera dada su escasez debido al clima y las peculiaridades territoriales de la provincia. Las autoras consideran que tanto los diferentes niveles gubernamentales como la ciudadanía tienen que poner en marcha una serie de objetivos y estrategias que no solamente permitirán cumplir con las normativas, sino también redundarán en una mejora del medioambiente y la calidad de vida.

Finalmente, en nuestro artículo realizamos un estudio histórico de largo plazo sobre la gestión de las obras para mitigar inundaciones en la cuenca del río Salado, en la provincia de Buenos Aires, Argentina, en los entresiglos XIX-XX y XX-XXI. En ambos períodos encontramos una primera etapa en la que se realizan obras aisladas y luego se elaboran planes de conjunto. Los del siglo XX fracasaron, los del XXI están en construcción hace más de veinte años. Asimismo, encontramos una tendencia secular en los múltiples cambios a la hora de conformar agencias estatales y en la relación de la burocracia con las organizaciones representativas de los agricultores y ganaderos. En cuanto a la financiación, una constante es la necesidad del estado provincial de recurrir a los fondos de la nación y a préstamos en el exterior. Los cambios más importantes se han dado en las posibilidades que las nuevas tecnologías ofrecen a los ingenieros para poder elaborar un plan maestro a fines del siglo XX, que además integra una mirada interdisciplinar sobre el medioambiente y las poblaciones rurales.

Los artículos que integran este dossier muestran que la gestión del agua es un proceso cada vez más complejo, que requiere una interacción permanente entre los ciudadanos, las instituciones representativas de la sociedad civil y las agencias del Estado. A diferente escala, es evidente que para algunos territorios una buena gestión no pasa necesariamente por tener más o menos información, sino por la trama de intereses en juego. De igual manera, la financiación de las obras requiere la participación de los diferentes niveles de gobierno en la toma de decisiones, haciendo muy lenta la gestión. Por último, la perspectiva comparada, temporal y territorialmente, enriquece nuestro enfoque y las agendas de trabajo en las que los científicos sociales podemos incorporar una vinculación necesaria con las instancias de gobierno aportando nuestros resultados de investigación a las políticas públicas.

Identificación de áreas prioritarias para la gestión del agua en el Chaco salteño, Argentina

Identification of priority areas for water management in the Chaco salteño, Argentina

Silvina Belmonte

Universidad Nacional de Salta / CONICET

Salta, Argentina

silvina_belmonte@yahoo.com.ar

 <https://orcid.org/0000-0001-9382-2836>

Emilce de las Mercedes López

Universidad Nacional de Salta / CONICET

Salta, Argentina

emigemy@yahoo.com.ar

 <https://orcid.org/0000-0002-7132-2547>

María de los Ángeles García

Universidad Nacional de Salta / CONICET

Salta, Argentina

garciamariaangeles.07@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0003-0275-6007>

Información del artículo:

Recibido: 18 agosto 2019

Revisado: 5 noviembre 2019

Aceptado: 15 enero 2020

ISSN 2340-8472

ISSNe 2340-7743

DOI 10.17561/AT.17.4868

© CC-BY-SA

© Universidad de Jaén (España).

Seminario Permanente Agua, Territorio y Medio Ambiente (CSIC)

RESUMEN

El agua para consumo se ve limitada por graves problemas de calidad y acceso en el Chaco salteño, Argentina. A pesar de los diversos proyectos que se están implementando, la situación sigue resultando crítica en numerosos poblados rurales. Su abordaje requiere de nuevas herramientas de gestión que posibiliten definir prioridades y estrategias de actuación más eficientes, integrales y sostenibles. Este trabajo se sustenta en un proceso de Investigación Acción Participativa y una metodología de Evaluación Multi-Criterio, como herramienta de apoyo para la toma de decisiones en el ámbito local y regional. Su desarrollo integra variables socio-ambientales para el análisis espacial de la accesibilidad al agua, las acciones institucionales en el territorio y la calidad del recurso hídrico. Rivadavia es identificada como la región más crítica de Salta, por lo que requerirá los mayores esfuerzos para mejorar su gestión del agua.

PALABRAS CLAVE: Gestión del agua, Chaco salteño, Investigación Acción Participativa, Evaluación Multi-Criterio.

ABSTRACT

Water for consumption is limited by serious problems of quality and access in the Chaco salteño, Argentina. Even though several projects that are being implemented, the situation is still critical in many rural villages. Its approach requires new management tools that make it possible to outline priorities and action strategies that are more efficient, comprehensive and sustainable. This work is based on a participatory action research process and a multicriteria evaluation methodology, as a support tool for decision making at the local and regional level. Its development integrates socio-environmental variables for the spatial analysis of water accessibility, institutional actions in the territory and the quality of water resources. Rivadavia is identified as the most critical region of Salta, therefore greater efforts are required to improve its water management.

KEYWORDS: Water management, Chaco salteño, Participatory Action Research, Multi-Criteria Evaluation.

Identificação de áreas prioritárias para a gestão da água no Chaco salteño, Argentina

SUMÁRIO

A água potável é limitada por sérios problemas de qualidade e acesso no Chaco salteño, Argentina. Apesar dos vários projetos sendo implementados, a situação continua crítica em muitas vilas rurais. A abordagem desta situação requer novas ferramentas de gestão que permitam definir prioridades e estratégias para ações mais eficientes, abrangentes e sustentáveis. Este trabalho é baseado em um processo de Pesquisa de Ação Participativa e em uma metodologia de Avaliação Multi-Critérios, como uma ferramenta de apoio à tomada de decisões em nível local e regional. Seu desenvolvimento integra variáveis sócio-ambientais para a análise espacial da acessibilidade da água, ações institucionais no território e qualidade dos recursos hídricos. Rivadavia é identificada como a região mais crítica de Salta, portanto, exigirá o maior esforço para melhorar sua gestão da água.

PALAVRAS-CHAVE: Gestão da água, Chaco salteño, Pesquisa de ação participativa, Avaliação Multi-Criteria.

Identification des zones prioritaires pour la gestion de l'eau dans le Chaco salteño, Argentine

RÉSUMÉ

L'eau potable est limitée par de graves problèmes de qualité et d'accès dans le Chaco salteño, en Argentine. Malgré les différents projets mis en oeuvre, la situation reste critique dans de nombreux villages ruraux. Pour faire face à cette situation, il faut de nouveaux outils de gestion qui permettent de définir des priorités et des stratégies pour des actions plus efficaces, plus complètes et plus durables. Ce travail est basé sur un processus de recherche-action participative et une méthodologie d'évaluation multicritère, comme outil de soutien à la prise de décision au niveau local et régional. Son développement intègre des variables socioenvironnementales pour l'analyse spatiale de l'accessibilité de l'eau, des actions institutionnelles sur le territoire et de la qualité des ressources en eau. La Rivadavia est identifiée comme la région la plus critique de Salta, elle devra donc déployer les plus grands efforts pour améliorer sa gestion de l'eau.

MOTS-CLÉS: Gestion de l'eau, Chaco salteño, Recherche-action participative, Évaluation Multicritères.

Identificazione delle aree prioritarie per la gestione delle acque nel Chaco salteño, Argentina

SOMMARIO

L'acqua potabile è limitata da gravi problemi di qualità e di accesso nel Chaco salteño, in Argentina. Nonostante i vari progetti in corso di realizzazione, la situazione rimane critica in molti villaggi rurali. Per affrontare questa situazione sono necessari nuovi strumenti di gestione che consentano di definire priorità e strategie per azioni più efficienti, complete e sostenibili. Questo lavoro si basa su un processo di Ricerca di Azione Partecipativa e su una metodologia di Valutazione Multi-Criteriale, come strumento di supporto al processo decisionale a livello locale e regionale. Il suo sviluppo integra le variabili socio-ambientali per l'analisi spaziale dell'accessibilità dell'acqua, le azioni istituzionali sul territorio e la qualità delle risorse idriche. Rivadavia è identificata come la regione più critica di Salta, quindi richiederà i maggiori sforzi per migliorare la sua gestione delle acque.

PAROLE CHIAVE: Gestione delle acque, Chaco salteño, Azione partecipativa di ricerca, Valutazione Multi-Criteriale.

Introducción

El acceso al agua para consumo constituye una de las principales problemáticas socio-territoriales que afectan las áreas rurales en Argentina, y no logra ser garantizado en las condiciones adecuadas. Diversos tratados internacionales reafirman el derecho humano al agua y al saneamiento en el contexto de las estrategias para el medio ambiente y el desarrollo sostenible¹. El derecho al agua implica que cada persona pueda acceder a un sistema funcional de agua limpia (no contaminada) para su uso personal y doméstico². En este sentido, 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. El agua suministrada para el consumo directo y la ingestión a través de los alimentos debe ser de una calidad que no represente un riesgo significativo para la salud humana. Un escenario de "riesgo cero" para los suministros públicos es no alcanzable y la evidencia apunta a la necesidad de definir riesgos tolerables³. Particularmente, las personas que residen en áreas rurales dispersas —pueblos originarios y comunidades dedicadas a la agricultura familiar— son las que se encuentran más susceptibles a la escasez y mala calidad del agua⁴.

Como parte del compromiso asumido para dar cumplimiento a los acuerdos internacionales, el gobierno nacional, a través de la (ex) Subsecretaría de Recursos Hídricos⁵, lanzó en 2016 el Plan Nacional de Agua Potable y Saneamiento. Según datos provistos por este plan, en Argentina más de ocho millones de personas —el 20 % de la población— tienen problemas para acceder al agua potable⁶. El programa se compone de cuatro ejes principales, con la meta de alcanzar el 100 % de cobertura de agua potable y el 75 % de cloacas en zonas urbanas, de tal manera que se pueda contar con estos servicios básicos en cada ciudad del país. Hasta la fecha se avanzó en la cobertura de agua de red y de saneamiento a partir de obras licitadas y en ejecución en varias provincias del territorio nacional, pero aún no logran visualizarse los resultados esperados. Por otra parte, el plan está orientado, principalmente, a lograr la cobertura de agua en

áreas urbanas sin incluir acciones concretas destinadas a paliar la situación de las extensas áreas rurales del país.

En particular, en el Chaco salteño la situación es delicada, encontrándose limitado el acceso al recurso hídrico por problemas de disponibilidad (caudal disponible), calidad (salinidad) e infraestructura (tecnologías adecuadas)⁷. El exceso de sales en el agua disponible hace que no sea recomendable para el consumo humano, siendo los principales limitantes los sulfatos y el arsénico, presentes especialmente en el abanico del Río Juramento⁸. En los últimos años se han desarrollado en la zona diversas estrategias institucionales en la temática del agua: aplicación de tecnologías familiares y comunitarias para captación y distribución de agua (entre ellas: pozos profundos y someros, módulos de cosecha de agua, camiones cisterna, mejoras en aguadas y madrejones), implementación de métodos y equipos para desalinizar el agua, sensibilización social sobre los peligros sanitarios que conlleva consumir agua no segura, entre otros. Sin embargo, y a pesar de los esfuerzos, se trata de intervenciones puntuales y el problema de acceso a este recurso vital persiste, acentuado por la situación de pobreza, marginalidad y vulnerabilidad de la población⁹.

El presente trabajo se plantea y desarrolla entendiendo que el acceso al agua es un derecho fundamental de las personas, que el Estado debe velar por su cumplimiento y que es responsabilidad de todos aportar en la construcción de soluciones integrales y comprometidas para mejorar este escenario actual.

ENFOQUE Y ALCANCE DEL TRABAJO

En este trabajo el problema del agua es abordado desde un enfoque territorial y socio-técnico. La iniciativa surge de dos proyectos de investigación sobre desalinización solar de agua¹⁰, pero avanza en comprender que ninguna tecnología podrá ser "adecuada"¹¹ si no considera la complejidad del territorio y las percepciones de

1. Scanlon & Cassar & Nemes, 2004. PNUMA, 2012. ONU, 2014. CEPAL, 2016.

2. Rivera, Navarro-Chaparro y Chávez-Ramírez, 2017.

3. Howard & Bartram & World Health Organization, 2003.

4. Recabarren Santibáñez, 2016.

5. Hoy denominada Secretaría de Infraestructura y Política Hídrica debido a la modificación en la estructura de Ministerios y Secretarías nacionales de Argentina realizada en septiembre de 2018.

6. Subsecretaría de Recursos Hídricos, 2017.

7. Belmonte et al., 2018.

8. Auge et al., 2006.

9. García, 2018.

10. Proyecto de Investigación Plurianual PIP CONICET N°00708 (2013-2016) "Desarrollo de tecnología solar de desalinización de agua con alta producción para la mejora de condiciones de vida y sistemas productivos" y Proyecto de Investigación del Consejo de Investigación de la Universidad Nacional de Salta CIUNSA N° 2019/3 (2012 – 2016) "Desalinización de agua para mejorar las condiciones de vida usando energía solar".

11. El concepto de *adecuación socio-técnica* implica procesos de producción y construcción social de la utilidad y funcionamiento de las tecnologías en los que participan diferentes actores (usuarios, beneficiarios, funcionarios públicos, ONG, etc.). El funcionamiento de un artefacto es la evaluación socialmente construida de una tecnología y no una derivación de sus propiedades intrínsecas (Thomas, 2009).

los actores locales. Estos proyectos fueron realizados por el grupo Planificación Energética y Gestión Territorial (en adelante PEyGeT) del Instituto de Investigación en Energías No Convencionales (en adelante INENCO), con el objetivo marco de “contribuir a la mejora ambiental, social y productiva de los hábitats rurales de Salta a través del desarrollo y adecuación tecnológica de desalinizadores solares de agua”¹². Entendiendo la complejidad de este proceso se planteó avanzar en el desarrollo de metodologías para la evaluación de los recursos disponibles (solar e hídrico), el análisis de la demanda social, de los factores económicos y de los aspectos ambientales.

El abordaje del acceso al agua en términos territoriales y socio-técnicos, plantea la necesidad de generar capacidades de resolución de problemas sistémicos, antes que la resolución de déficit puntuales. Siguiendo a Thomas, Fressoli y Santos:

“Todas las tecnologías desempeñan un papel central en los procesos de cambio social. Demarcan posiciones y conductas de los actores; condicionan estructuras de distribución social, costos de producción, acceso a bienes y servicios; generan problemas sociales y ambientales; facilitan o dificultan su resolución. Las tecnologías no son meros instrumentos... Ejercen agencia en redes sociales, económicas y políticas”¹³.

Desde esta perspectiva, las tecnologías sociales (incluidas las de acceso al agua) representan efectivas soluciones de transformación social. Resulta necesario, por tanto, repensar los procesos en que las tecnologías se producen, se difunden y brindan soluciones en el entramado social. Este cambio de visión estratégica (de lo puntual a lo sistémico) implica gestar nuevas formas de concebir las relaciones problemas/soluciones y de diseñar dinámicas socio-técnicas significativas¹⁴.

En este sentido, el trabajo se orienta a generar herramientas de análisis de información de base como soporte para la toma de decisiones. La identificación de áreas críticas vinculadas al acceso al agua en la región resulta prioritaria a los fines de evaluar los resultados de las intervenciones que se vienen realizando, gestionar los proyectos y recursos disponibles, y planificar nuevas acciones con mayor incidencia y efectividad en el territorio. La estrategia metodológica presentada en este trabajo incorpora herramientas de Evaluación Multi-Criterio (en adelante

EMC) en un entorno de Sistemas de Información Geográfica (en adelante SIG), lo que facilita la visualización y el análisis territorial. Asimismo, se sustenta en métodos de consulta participativa y reconocimiento in-situ que permiten profundizar la realidad y comprender las relaciones dialógicas, de conflicto y complementariedad que coexisten en el territorio. El análisis geoespacial y el abordaje colaborativo se vinculan al desarrollo de un “Sistema de soporte para la toma de decisiones en energías renovables (Salta - Argentina)”¹⁵, a partir del cual se avanzó en el desarrollo de un SIG en un entorno de software libre y con una comprometida articulación interactoral¹⁶. La mejora en el acceso abierto a la información y la posibilidad de construir de manera conjunta los modelos de decisión, aportan nuevos conocimientos y estrategias metodológicas a los procesos de gestión territorial en la escala local y provincial.

Finalmente, el alcance del trabajo puede definirse como de “diagnóstico” en el sentido de mapear y analizar el escenario actual, pero también “prospectivo” ya que se orienta hacia la definición de prioridades y, la construcción de una herramienta de apoyo a la planificación y manejo integrado del recurso hídrico y otras políticas públicas vinculadas.

Indicadores ambientales

Diferentes países han desarrollado sus propios indicadores ambientales adaptados a las necesidades de cada región. En torno al agua los más conocidos son los *indicadores de calidad*, que se pueden definir como herramientas que permiten asignar un valor de calidad al medio a partir del análisis de diferentes parámetros¹⁷. Según su naturaleza existen distintos tipos de indicadores de calidad de agua: físicoquímicos, biológicos, hidromorfológicos, ecológicos, entre otros. Por otra parte, trabajos realizados en áreas urbanas de distintos lugares del mundo han focalizado el análisis espacial en la distribución del agua, tipo de consumo y comparación de costos entre los usuarios del servicio¹⁸, sin abordar aspectos vinculados a la calidad del agua.

¹⁵ Sarmiento, Franco y Belmonte, 2018.

¹⁶ Convenio de Investigación y Desarrollo (2016-actualidad) Instituto de Investigaciones en Energía No Convencional (INENCO) y Secretaría de Energía de la Provincia de Salta. Resolución D N° 3157 CONICET. Acuerdos de trabajo colaborativo con la Secretaría de Recursos Hídricos de la Provincia de Salta (2013-2018). Participación activa en el grupo coordinador de la iniciativa Infraestructura de Datos Espaciales de Salta (IDESa) (2016-actualidad).

¹⁷ Rodríguez, Reolón y Pertusi, 2010. Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE), 2002.

¹⁸ Rivera, Navarro-Chaparro y Chávez-Ramírez, 2017.

¹² Franco, Belmonte y Saravia, 2016.

¹³ Thomas, Fressoli y Santos, 2012, 9.

¹⁴ Garrido, Lalouf y Thomas, 2012. Escalante & Belmonte & Gea, 2013. Belmonte, Escalante y Franco, 2015.

A nivel internacional y con una perspectiva más holística, se desarrolló un Índice de Pobreza del Agua que considera tanto factores físicos como socioeconómicos relacionados con la disponibilidad de agua. En su versión original, este índice integra cinco componentes clave: recursos, acceso, uso, capacidad y ambiente¹⁹. Diversas adaptaciones del método se han aplicado en escalas regionales y locales, buscando establecer nexos entre pobreza, ambiente, disponibilidad del agua, salud y políticas públicas²⁰.

Si bien el uso de indicadores presenta un alto potencial para la comprensión del problema, no resulta suficiente para analizar la situación vulnerable de las áreas rurales. En este sentido, cobran importancia otro tipo de estudios que plantean un acercamiento socio-territorial, a partir del análisis de experiencias aplicadas de gestión del agua. Diversos avances logrados en el ámbito nacional, regional y latinoamericano testimonian el trabajo de múltiples organizaciones para acceder al agua.

“Estas iniciativas no sólo tienen que ver con la formación de capacidades y el desarrollo y divulgación de tecnologías ‘duras’, sino también con tecnologías de gestión y fortalecimiento institucional y con aspectos básicos como la evaluación de las fuentes de agua por su cantidad y calidad; además de la prospectiva sobre su disponibilidad y calidad”²¹.

El reto que se plantea es lograr ‘*Agua de calidad con equidad*’ desde una perspectiva del agua integrada a la vida, reconociendo los desafíos comunes y el compromiso que implica un trabajo colaborativo, sinérgico y complementario, entre múltiples actores técnicos, científicos, sociales, comunitarios y de gobierno.

Algunos autores avanzan en definir el acceso al agua como un componente de territorialización y lucha de poderes. En la medida en que las personas luchan por un mejor acceso al agua, implementan estrategias diversas que van desde la adopción de las alternativas promovidas por el gobierno, hasta mecanismos informales para cubrir sus necesidades.

“El proceso de búsqueda de acceso al agua involucra a los pobladores en la construcción y reproducción de lazos comunitarios, así como sentidos compartidos y modos de interpretar su relación con el acceso al agua, lo

que induce un proceso de territorialización, es decir un movimiento de apropiación material e ideal de una porción de espacio”²².

La comprensión del territorio y del acceso al agua como una construcción social, y por ende un espacio donde se establecen múltiples relaciones de poder, legitimidad, conflicto y complementariedad, pone de manifiesto el alcance limitado de algunos indicadores convencionalmente usados para evaluar el recurso hídrico.

Sistemas de información de agua

El análisis espacial de indicadores ambientales y los estudios de campo digitalizados en plataformas SIG presentan un fuerte potencial para la planificación y gestión del territorio. Es posible vincular la información espacio-temporal con técnicas algorítmicas, a fin de analizar problemas de decisión complejos con base en criterios múltiples, considerando estudios exploratorios, análisis históricos y estadísticos. La representación geográfica permite describir el escenario actual, visualizar un escenario alternativo y predecir cambios probables con diferentes agentes, lo que es esencial para una toma de decisiones efectivas hacia el manejo sostenible de los recursos naturales²³.

Particularmente en la evaluación del recurso hídrico, los SIG representan una herramienta eficaz e indispensable de sistematización y análisis, permitiendo²⁴: *integrar la información* disponible en diversos organismos públicos de investigación y gestión en un único sistema organizado, interactivo y georreferenciado; *relacionar datos* espaciales y no espaciales; *generar información nueva* a través del desarrollo de modelos instrumentales espaciales; *visualizar y gestionar* eficientemente la información generada para el análisis de la situación actual y la evaluación de escenarios; *permitir la revisión y actualización* permanente de la información y de los modelos generados, a fin de asistir en procesos dinámicos de planificación y toma de decisiones.

Diversos estudios han avanzado en desarrollar Sistemas de Soporte a las Decisiones vinculados a la temática del agua. Para el caso de Grecia se ha desarrollado, por ejemplo, una plataforma di-

¹⁹. Lawrence & Meigh & Sullivan, 2002. Sullivan & Meigh & Giacomello, 2003 en López Álvarez et al., 2013.

²⁰. López Álvarez et al., 2013. Abraham, Fusari y Salomón, 2019.

²¹. Zamora Gómez y Pietro Garra, 2016, 185.

²². Torregrosa, Kloster y Latargère, 2015, 154.

²³. Ramachandra & Tara & Setturu, 2017.

²⁴. Belmonte, 2009. López, Belmonte y Franco, 2013.

námica en SIG basada en múltiples criterios capaz de relacionar los problemas locales de gestión del agua con variables geográficas (hidrogeología, topografía, suelo, clima), sociales (población, economía, aspectos administrativos y legislativos) y las tecnologías de tratamiento de suelos y acuíferos²⁵.

La Plataforma del Agua, realizada por el Programa Sed Cero y la Universidad Nacional de Quilmes, constituye un avance en el desarrollo de sistemas de información sobre el acceso al agua en Argentina²⁶. Esta plataforma posee información de cada una de las provincias del país y de cada departamento provincial, generando un buen antecedente como fuente de información para el sector hídrico. Sin embargo, la escala de trabajo aún resulta general para hacer inferencias geográficas a partir de los casos de estudio relevados (todavía escasos) y aportar en la toma de decisiones políticas, al menos en la provincia de Salta.

En una escala de abordaje provincial y con una mayor vinculación al desarrollo de indicadores hídricos, se destaca el aporte de Ramírez²⁷ quien realiza un análisis estadístico de la procedencia de agua para beber y cocinar en los municipios de la provincia del Chaco, evaluando los avances en pro de alcanzar la meta número 7 de los Objetivos del Milenio que plantea el acceso universal al agua potable. En este trabajo se establece una relación entre las necesidades actuales y los proyectos existentes para ampliar el acceso al agua por red en dicha provincia, formulando un índice de criticidad de la 'procedencia de agua para beber y cocinar' y visualizando las diferencias territoriales en mapas temáticos desarrollados con SIG.

Para la provincia de Salta, el grupo de investigación PEyGeT-INENCO-CONICET realizó una caracterización y zonificación de la accesibilidad al agua para consumo humano mediante el diseño de un indicador que incorpora las variables estadísticas disponibles en el censo poblacional 2010. Los resultados obtenidos indican que un alto porcentaje de la población de Salta tiene dificultades en el acceso al agua, en particular en las zonas montañosas y el Chaco salteño²⁸. Este avance es retomado como insumo en el presente trabajo, orientado a definir áreas prioritarias para la gestión hídrica, incorporando nuevas variables cualitativas y cuantitativas en el abordaje territorial.

En particular para el Chaco salteño, en el marco de la Ley provincial 7658 (2011)²⁹, desde la Secretaría de Desarrollo Comunitario y con el apoyo de Mesa de coordinación y acción para el acceso y gestión del agua en el Chaco salteño, se viene trabajando en una intensa consulta a pequeños productores y familias rurales, con el fin de conformar una base de datos sobre aguas y determinar las obras necesarias³⁰. Esta información aún no se encuentra disponible para la consulta pública, pero se espera que permita orientar las políticas públicas para atender prioritariamente a la población indígena y criolla que no cuente con acceso al agua segura en el Chaco salteño.

Área de trabajo

En el centro del continente sudamericano se encuentra una vasta región denominada el Gran Chaco Americano, ecosistema compartido por Argentina, Bolivia y Paraguay (Mapa 1). Por su variabilidad climática, esta región biogeográfica se divide en tres subzonas, de noreste a suroeste: el Chaco subhúmedo (con lluvias de 1.200 a 700 mm); el Chaco semiárido (con precipitaciones entre 750 y 500 mm) y en el extremo occidental el Chaco árido (con lluvias entre 500 y 300 mm por año)³¹.

El Chaco salteño forma parte del Chaco semiárido y comprende los departamentos de Rivadavia, este de General San Martín, sureste de Orán, centro y este de Anta, este de Metán y este de Rosario de la Frontera (Mapa 2). Abarca una superficie aproximada de 47.844 km². Se caracteriza por una alta disponibilidad energética que da como resultado valores muy altos de evapotranspiración potencial, y lluvias que no reponen suficientemente el agua en el suelo³². El clima es cálido, con temperaturas bastante uniformes que varían en el sector norte entre los 27°C y 14°C para el mes más cálido y frío respectivamente, y entre 25°C y 12°C respectivamente para la parte sur³³. Las precipitaciones son estacionales, concentradas en el verano, y varían de 450 mm/año al este a 600 mm/año al oeste³⁴.

Geomorfológicamente esta región constituye una llanura de aluvión en la que se observa una importante red hídrica superficial que escurre principalmente de

²⁵. Tsangaratos et al., 2013.

²⁶. <http://www.plataformadelagua.org.ar/>

²⁷. Ramírez, 2013.

²⁸. López et al., 2018.

²⁹. Mediante esta ley se crea el Programa de regularización dominial y asistencia para pequeños productores agropecuarios y familias rurales.

³⁰. Fernández Savoy, 2017.

³¹. <http://www.redeschaco.org/index.php/el-gran-chaco-2/gran-chaco-americano>

³². Vargas Gil y Vorano, 1985.

³³. Vargas Gil et al., 1990.

³⁴. Ledesma, 1973.

Mapa 1. Ubicación del Gran Chaco Americano



Fuente: Elaboración propia.

nor oeste a sureste, destacándose como grandes ríos el Bermejo y el Pilcomayo. La llanura Chaco salteña está surcada, además, por cursos menores que pierden sus caudales por evaporación e infiltración y que han generado extensos abanicos aluviales, asociados al Sistema

Acuífero Toba. Este sistema constituye el principal reservorio de agua subterránea de la zona y se extiende desde el piedemonte subandino hacia la llanura chaqueña. Es un sistema multicapa, con acuíferos libres en sedimentos modernos y semiconfinados a confinados

Fuente: Elaboración propia.

La población del Chaco salteño es estimada en 251.455 personas³⁶ y se concentra, en mayor proporción, en centros urbanos (81 %), mientras que el porcentaje res-

³⁵. Auge et al., 2006.

36. INDEC, 2010.

³⁷. Leake, 2010. Buliubasich y Rodríguez, 1999. Buliubasich y González, 2009.

parte, viven en los llamados “puestos” y se dedican a la cría extensiva de ganado a campo abierto (la mayoría en tierras fiscales o privadas sin explotar).

Acceder al agua para consumo es una de las situaciones críticas que atraviesa esta zona, aún desatendida e invisibilizada. El agua es una de las mayores limitaciones que padecen comunidades indígenas y criollas, y que condiciona sus posibilidades de mejora. El agua en estas poblaciones, además de ser un bien escaso con mala calidad debido a las elevadas concentraciones de arsénico y sulfatos, constituye un recurso estratégico de acceso complejo y muy disputado.

Proceso de investigación acción participativa y evaluación multicriterio

La vinculación interinstitucional, la consulta participativa y el trabajo colaborativo, constituyeron la base conceptual y metodológica para el abordaje del problema de acceso al agua, posicionando el trabajo como un proceso de Investigación Acción Participativa (en adelante IAP).

La IAP se plantea como un proceso cíclico de reflexión-acción-reflexión, en el que se reestructura la relación entre conocer y hacer. La producción de conocimiento pretende ser crítica, reflexiva, colectiva, participativa y emancipadora, a la vez que propone actuar frente a las realidades sociales, transformándolas desde el protagonismo de los actores³⁸. Este abordaje metodológico sugiere penetrar en la realidad a través de un proceso dialógico de cooperación, solidaridad y transformación social³⁹.

Asimismo, para la identificación de áreas prioritarias para la gestión del agua en el Chaco salteño se desarrolló una metodología de Evaluación Multi-Criterio (en adelante EMC). Las potencialidades de la aplicación de EMC son reconocidas a nivel mundial por su pertinencia y aplicabilidad en procesos complejos de decisión, y en su integración con SIG constituyen una herramienta clave para la planificación y gestión del territorio⁴⁰, como fue ejemplificado en los antecedentes de indicadores ambientales y sistemas de información de agua.

El desarrollo de la investigación con este enfoque requirió de diversas técnicas e instrumentos metodológicos

Tabla 1. Técnicas e instrumentos metodológicos implementados

Acción	Técnicas e instrumentos metodológicos	Aportes al proceso IAP y EMC
Recopilación de información de base	<u>Búsqueda, selección y análisis de información secundaria</u> relacionada al acceso al agua para consumo en el área de estudio en diversas fuentes (bibliográficas, estadísticas, cartográficas). <u>Mapeo de actores</u> : Identificación de personas y organizaciones que se encuentran trabajando en el área de estudio en relación con la problemática del agua. <u>Gestión de la información</u> : Desarrollo de reuniones institucionales y acuerdos colaborativos para el acceso y manejo de la información de base.	- Contextualización del escenario hídrico en el Chaco salteño. - Listado detallado y actualizado, con información de contacto, de los actores sociales vinculados. - Insumos para el mapeo en SIG y el desarrollo de modelos instrumentales de EMC.
Consulta participativa y reconocimiento a campo.	<u>Diálogo con actores claves</u> : Realización de entrevistas semiestructuradas a referentes institucionales vinculados al acceso al agua en el Chaco salteño. <u>Recorrido del terreno</u> : observación directa de tecnologías implementadas, evaluación de su adaptación al medio y de las percepciones de los usuarios.	- Valoración social de la problemática de acceso al agua y posibles soluciones. - Incorporación de percepciones sociales en el análisis EMC.
Procesamiento en SIG de la información relevada.	<u>Sistematización geoespacial</u> de la información obtenida a partir de los reconocimientos in-situ y entrevistas. <u>Desarrollo de modelo instrumental EMC</u> en plataforma SIG. Definición, ponderación e integración de capas temáticas (criterios múltiples).	- Desarrollo de mapas temáticos. - Identificación de áreas prioritarias. - Insumo para la reflexión conjunta en las mesas de agua y la toma de decisiones de organismos de gobierno y otras organizaciones con fuerte incidencia territorial.
Análisis integral - colaborativo y aportes a la gestión del agua.	<u>Talleres participativos</u> : Desarrollo de espacios multidisciplinarios e interinstitucionales para la reflexión colectiva, intercambio de resultados/avances, integración de percepciones y construcción de estrategias conjuntas para la gestión del agua. <u>Colaboración en "Mesas de agua"</u> ⁴¹ : Participación activa en las reuniones y actividades impulsadas por las mesas de agua provinciales y locales en el período 2016-2019.	- Generación de alianzas y propuestas estratégicas para mejorar la planificación y gestión del agua a escala regional y local. - Gestión colaborativa de acciones y proyectos para mejorar el acceso al agua en los hábitats rurales de Salta.

Fuente: Elaboración propia.

³⁸. Moreno Pestaña y Espadas Alcázar, 2009.

³⁹. Forni, 2004. Folgueiras Bertomeu, 2009. Belmonte, Escalante y Franco, 2015.

⁴⁰. Gómez Delgado y Barredo Cano, 2005. Belmonte, 2009.

⁴¹. Desde el año 2012 se viene desarrollando la Mesa provincial de Arsénico, un espacio de discusión respecto a la problemática del arsénico en el agua. En los años posteriores se formaron nuevos espacios de diálogo más sectoriales, entre ellos: Mesa local de agua de Rivadavia Banda Norte, Mesa de coordinación y acción para el acceso y gestión del agua en el Chaco salteño, entre otros.

gicos tanto para la recopilación de información de base como para la ponderación de las variables, el análisis, la validación y la puesta en común de los resultados (Tabla 1).

El Mapa 2 muestra el trabajo de reconocimiento de campo realizado. Dada la extensión del área, los recorridos en terreno se llevaron a cabo en dos etapas siguiendo las principales vías de acceso de la región. La primera etapa incluyó dos tramos del sector norte del Chaco salteño: ruta nacional 81 (desde Hickman hasta Coronel Juan Solá) y ruta nacional 34 (desde General Ballivián hasta Tartagal). La segunda etapa incluyó el recorrido de la zona centro y sur del área de estudio: ruta nacional 16 (desde Joaquín V. González hasta Tolloche), ruta provincial 5 (hasta la Estrella) y ruta provincial 13 (desde La Estrella hasta Rivadavia Banda Sur).

En cada tramo del reconocimiento de campo se realizó la observación de equipos para acceder al agua (pozos de agua, módulos de cosecha de agua, represas, entre otros) o desalinizarla (equipos de ósmosis inversa, módulos de abatimiento de arsénico, destiladores solares, entre otros), su adaptación al medio y la percepción de los usuarios, a fin de comprender los factores que condicionan el éxito o fracaso de estas tecnologías. Asimismo, se realizó una consulta a referentes sociales de la zona acerca de la problemática de acceso al agua y el rol de las instituciones en la búsqueda de las soluciones.

Esta información de base fue utilizada para la definición de los criterios, las variables y las ponderaciones en el proceso de EMC. Se aclara que no fue posible incluir un reconocimiento detallado de todos los parajes del Chaco salteño, que permitiera corroborar, complementar y actualizar la información estadística disponible incorporada en el SIG para las variables accesibilidad y calidad del agua⁴².

En esta instancia interesa valorar la metodología desarrollada como un resultado emergente del propio proyecto, ya que su construcción resulta innovadora en diversos sentidos: integra información cualitativa y cuantitativa de diversas fuentes, permite visualizar la situación del acceso al agua desde una perspectiva socio-ambiental integral, fortalece la articulación en-

tre los actores sociales vinculados a la temática y, arraiga el diálogo de saberes como estrategia metodológica tanto para la investigación como para la incidencia territorial. En este sentido, el proceso de investigación en sí mismo posibilita la generación de alianzas interinstitucionales, traduciéndose en acciones concretas en territorio⁴³.

Finalmente, corresponde explicar la decisión metodológica adoptada por el grupo de trabajo, en cuanto a modificar la idea inicial de desarrollo de un índice de criticidad en el acceso al agua para el Chaco salteño, por un enfoque constructivista para la identificación de áreas prioritarias de gestión del agua⁴⁴. La principal diferencia conceptual radica en un abordaje más abierto y dinámico que no solo permita describir parámetros y escenarios comparables, sino además inferir oportunidades para mejorar la gestión del agua localmente y, por ende, las condiciones de vida de los pobladores.

Este enfoque constructivista implica, además, el reconocimiento de la insuficiencia de datos disponibles en las diversas fuentes y la posibilidad de mejora continua en el acceso a la información. La identificación de áreas críticas se podría definir en función de las condiciones desfavorables que existen en cuanto a la calidad del agua y el modo de acceder a la misma. Abordar el tema desde áreas prioritarias para la gestión conlleva un paso más, en cuanto incorpora variables relacionadas a la actuación institucional. Por otra parte, implica reconocer la tecnología como un conjunto de elementos que superan la visión tecnológica de producto y proceso, e incorpora con la misma fuerza la gestión como un elemento intrínseco de las tecnologías sociales⁴⁵.

⁴². Se analizó la posibilidad de incluir datos relevados por los agentes sanitarios (Atención Primaria de la Salud -APS-) pero la misma no se encontraba sistematizada ni digitalizada al momento de este estudio. El trabajo de APS cubre todas las familias del ámbito rural de la provincia con una frecuencia anual y, para algunas variables significativas, mensual. Esta fuente de información se identifica como clave para futuros trabajos y ya se iniciaron gestiones a fin de promover la puesta a disposición de los datos.

⁴³. Sobre los resultados del proyecto se ampliará más adelante, pero resulta clave destacar en este punto, como un emergente del proceso metodológico, la formación de una Mesa local de agua a partir del Encuentro - Taller "Gestión del Agua en el Chaco Salteño en Rivadavia Banda Norte", organizado en junio de 2017 por el grupo de investigación Planificación Energética y Gestión Territorial (INENCO – CONICET – Universidad Nacional de Salta) y la Organización Civil TEPEYAC, en Coronel Juan Solá (Morillo), provincia de Salta.

⁴⁴. Belmonte et al., 2018.

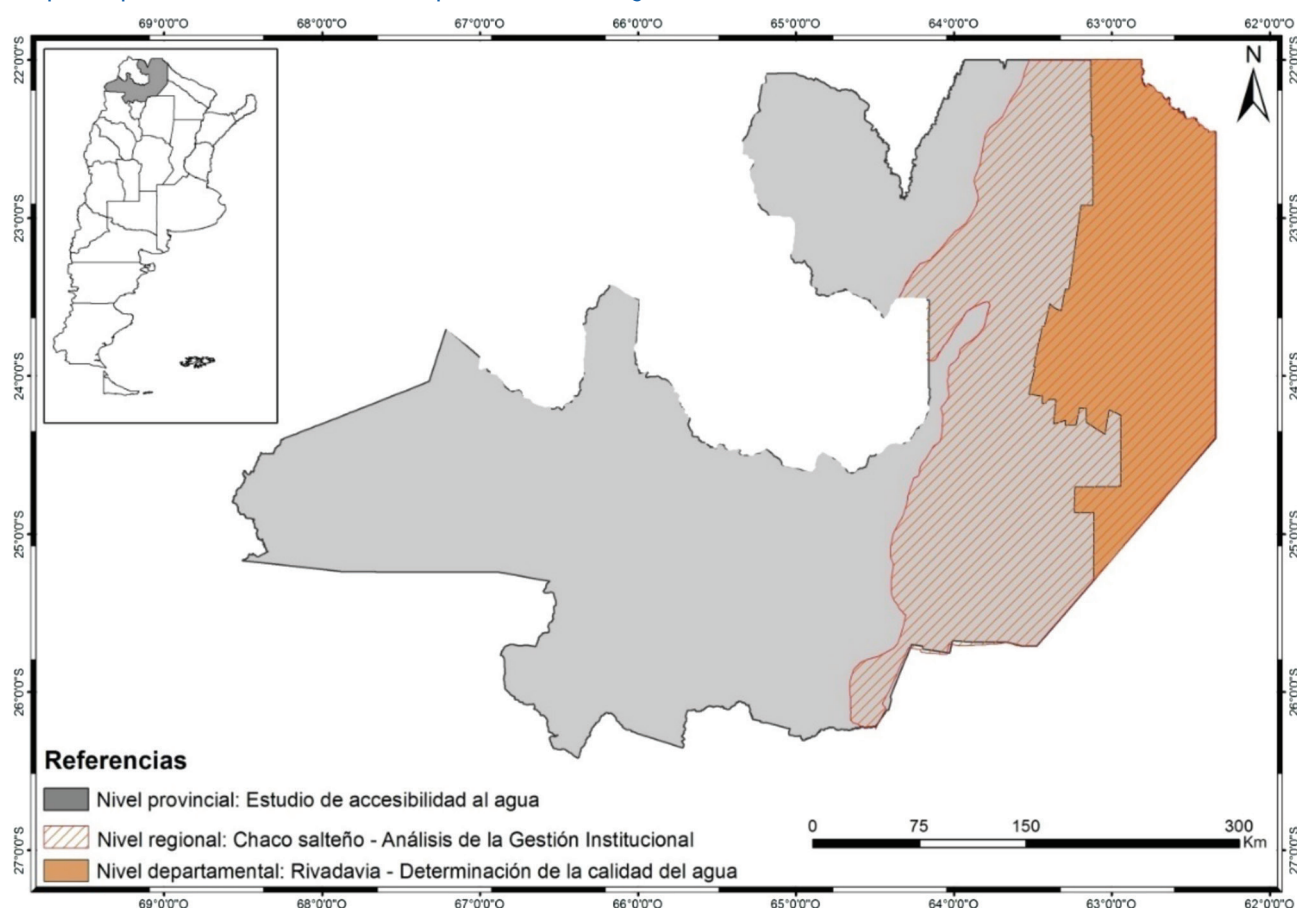
⁴⁵. La Tecnología Social comprende "productos, técnicas y / o metodologías reaplicables, desarrolladas en la interacción con la comunidad y que representen efectivas soluciones de transformación social". Dagnino, 2011. Puede definirse como la suma de Tecnología Producto: artefacto material resultante de la experiencia y toda la documentación técnica que este suponga; Tecnología Proceso: las relaciones interactorales que se producen a partir de compartir diferentes conocimientos/saberes para desarrollar y materializar el producto y Tecnología Gestión: las acciones que, pudiendo relacionar a los actores del proceso entre sí y con otros externos, derivan en toma de decisiones que modifican dichos procesos (financiamiento, promoción política, etc.). Peyloubet, 2018.

Tabla 2. Desarrollo metodológico para la EMC

Componente	Descripción	Fuente de información	Escala y nivel de resolución
Accesibilidad al agua para consumo	Refiere a la posibilidad de acceso real a agua segura para consumo por la población ⁴⁶ . Se basa en la evaluación de tres variables: procedencia, potencialidad y tenencia del agua.	Estadísticas y censos poblacionales ⁴⁷ .	Provincia de Salta. Radios censales.
Gestión institucional	Refiere a la sinergia y/o complementariedad entre las distintas instituciones con presencia en el territorio chaqueño.	Entrevistas a referentes clave y mapeo institucional.	Chaco salteño. Áreas de actuación institucional.
Calidad del recurso hídrico subterráneo	En referencia a la condición del agua respecto a los requisitos de uno o más componentes para su consumo humano. Considera dos variables: la conductividad eléctrica y un Índice de calidad de agua personalizado (en adelante ICAp) ⁴⁸ .	Datos de pozos de agua obtenidos de entidades provinciales y nacionales vinculados a la gestión de los recursos hídricos ⁴⁹ .	Chaco salteño. Dpto. Rivadavia. Puntos georreferenciados. Interpolación y rasterización geoespacial.

Fuente: Elaboración propia.

Mapa 3. Aproximación multiescalar a la problemática del agua



Fuente: Elaboración propia con capas base del Instituto Geográfico Nacional (en adelante IGN) y del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (en adelante INTA).

⁴⁶. Con un criterio más amplio, la accesibilidad es entendida como "la captación, distribución, disponibilidad, asequibilidad, calidad, obligatoriedad, adaptabilidad, continuidad, no discriminación, abastecimiento y uso". Jalomo-Aguirre et al., 2018.

⁴⁷. INDEC, 2010. El censo poblacional del año 2010 constituye la única fuente estadística oficial para el trabajo con las variables de accesibilidad al agua. El próximo censo provincial se cumplimentará recién en el año 2020. Para la definición de los indicadores se gestionó un acceso especial a los datos del censo y se realizó un trabajo informático de

importancia de clasificación y filtro a fin de discriminarlos a nivel de radios censales, ya que la información disponible se encuentra agrupada a nivel municipal y departamental.

⁴⁸. El ICA personalizado constituye una adaptación en función de la disponibilidad de datos locales del ICA físico químico propuesto por la "Canadian Council Ministry of Environment". Rodríguez, Reolón y Pertusi, 2010.

⁴⁹. Secretaría de Recursos Hídricos de la provincia de Salta, programa PRO-HUERTA del INTA, INTI, empresa Aguas del Norte e institutos de investigación de la Universidad Nacional de Salta.

Diseño metodológico

La estructura general de la EMC se fue construyendo y modificando de manera flexible durante el desarrollo de la investigación, considerando tanto la información de base disponible como los requerimientos emergentes del proceso participativo. Tres componentes fueron identificados como claves para la evaluación: Accesibilidad al agua para consumo, Gestión institucional y Calidad del recurso hídrico subterráneo. El desarrollo de cada uno requirió la recopilación, sistematización y digitalización de información de base en mapas temáticos representativos de diversas variables, las que fueron integradas en el SIG. La tabla 2 presenta el desarrollo metodológico general adoptado para la EMC.

El planteo de la investigación requirió de una aproximación espacial multiescalar, condicionada por las prioridades identificadas en el mismo proceso y la disponibilidad de información relevante para el estudio (Mapa 3). La problemática de acceso al agua se evalúa primeramente en una escala provincial. En este primer acercamiento se identifica la región del Chaco salteño como una de las más críticas en la provincia de Salta. Dentro del Chaco, el departamento Rivadavia se encuentra en el foco de la gestión interinstitucional, resultando a la vez el más vulnerable en cuanto a la calidad del recurso hídrico.

Resultados

En este apartado se presentan los resultados obtenidos en el desarrollo de la investigación. La identificación de las áreas prioritarias de gestión para la mejora del acceso al agua se realiza en función de los tres componentes claves definidos y la aproximación multiescalar explicada anteriormente. No obstante, en los mapas presentados se destaca la situación particular del Chaco salteño. En cada caso se especifican las variables, categorías y ponderaciones que se aplicaron en la evaluación. Destáquese en este punto que los criterios y las valoraciones utilizadas forman parte de los resultados obtenidos en el proceso de investigación.

Accesibilidad al agua para consumo

La problemática de acceso al agua se caracterizó, para toda la provincia de Salta, mediante la construcción del Indicador de Accesibilidad al Agua para consumo hu-

mano (en adelante IAA). Se incluyeron tres criterios para la evaluación: Procedencia del agua, Potencialidad de acceso y Tenencia del agua⁵⁰.

El criterio Procedencia del agua (Mapa 4) se refiere a la fuente y el sistema de abastecimiento del agua que se utiliza en el hogar para beber y cocinar. En caso de abastecerse con más de una fuente, se considera la fuente que predomina en el uso cotidiano del hogar. Se establece como la mejor condición, en este caso, la existencia de una red pública, entendiendo por esta al sistema de captación, tratamiento y distribución de agua mediante una red de tuberías comunal sometida a inspección y control por las autoridades públicas. El sistema puede estar a cargo de un organismo público, cooperativa o empresa privada. La calificación otorgada para esta situación es óptima en contraposición a la calificación crítica asignada a otras fuentes de abastecimiento (agua de lluvia, de ríos, canales, arroyos o acequia) asumiendo *a priori* que la condición del recurso agua (en cantidad y calidad) que llega a las familias por red, es adecuada para cubrir sus necesidades básicas y cumple con los mínimos requisitos de control. Esto no implica que la red pública constituya una forma de abastecimiento sin problemas de accesibilidad, asequibilidad y continuidad en el suministro, temática que debería ser profundizada en otros estudios especializados. Sin embargo, en términos comparativos, el suministro de agua directamente desde un arroyo o un río coloca en una condición de mayor vulnerabilidad a las comunidades rurales, particularmente por las características ambientales del Chaco salteño (con problemas de salinidad y anegamiento) y la falta de tratamiento previo del agua.

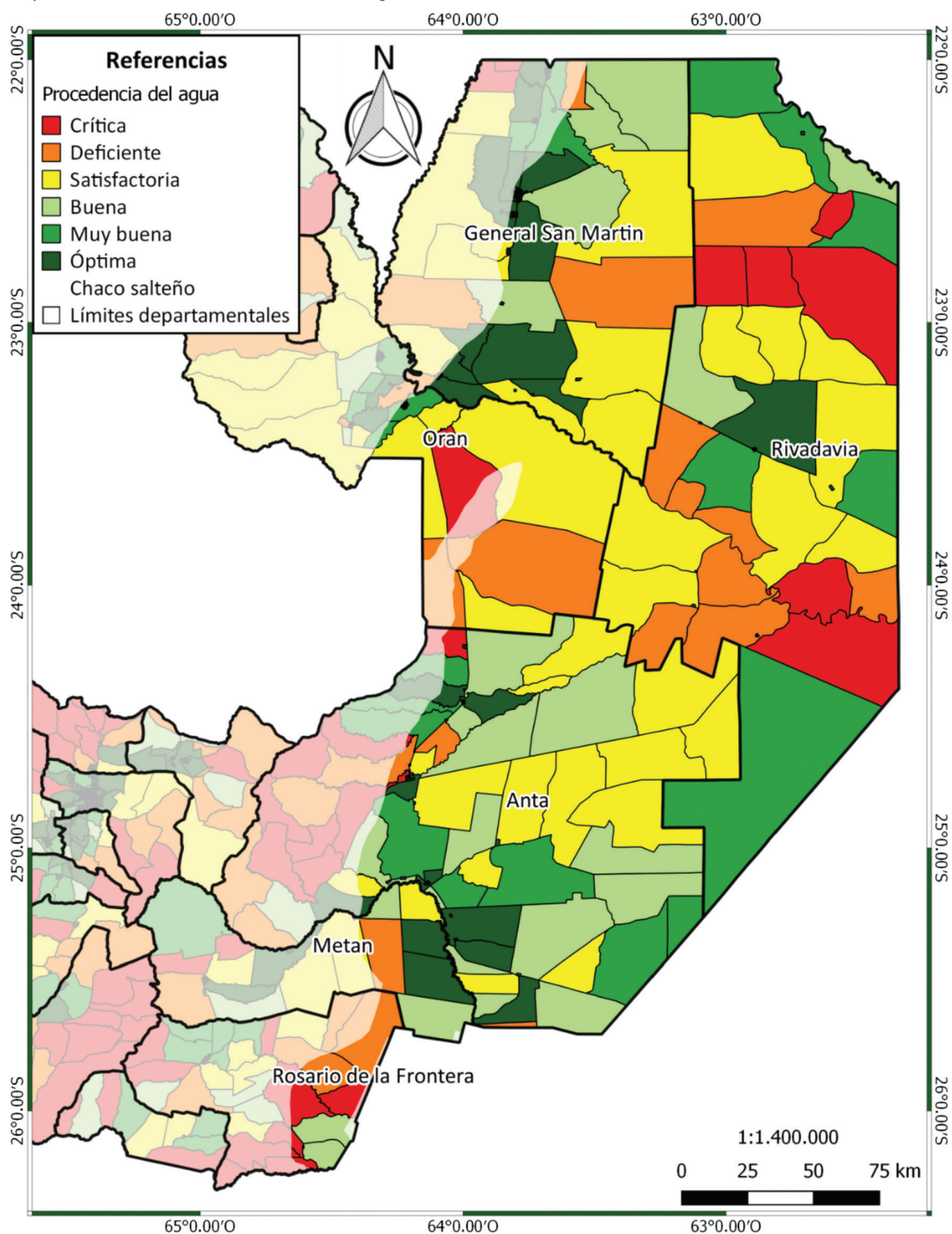
El criterio Potencialidad de acceso (Mapa 5) representa la posibilidad de acceder a infraestructura de agua en función de la distribución espacial de la población. En este sentido, se considera que a mayor agrupación poblacional existe mayor potencial de acceso a corto plazo, ya que los esfuerzos gubernamentales, en general, están dirigidos a incluir el mayor número de beneficiarios posible.

Con relación a la Tenencia de agua (Mapa 6), se considera que contar con acceso dentro de la vivienda es la mejor condición y si se encuentra fuera del terreno el sistema es deficiente.

El valor del IAA resulta de la suma ponderada de estas tres variables (Tabla 3), para lo cual se utilizaron herramientas de análisis geoespacial y EMC. El IAA

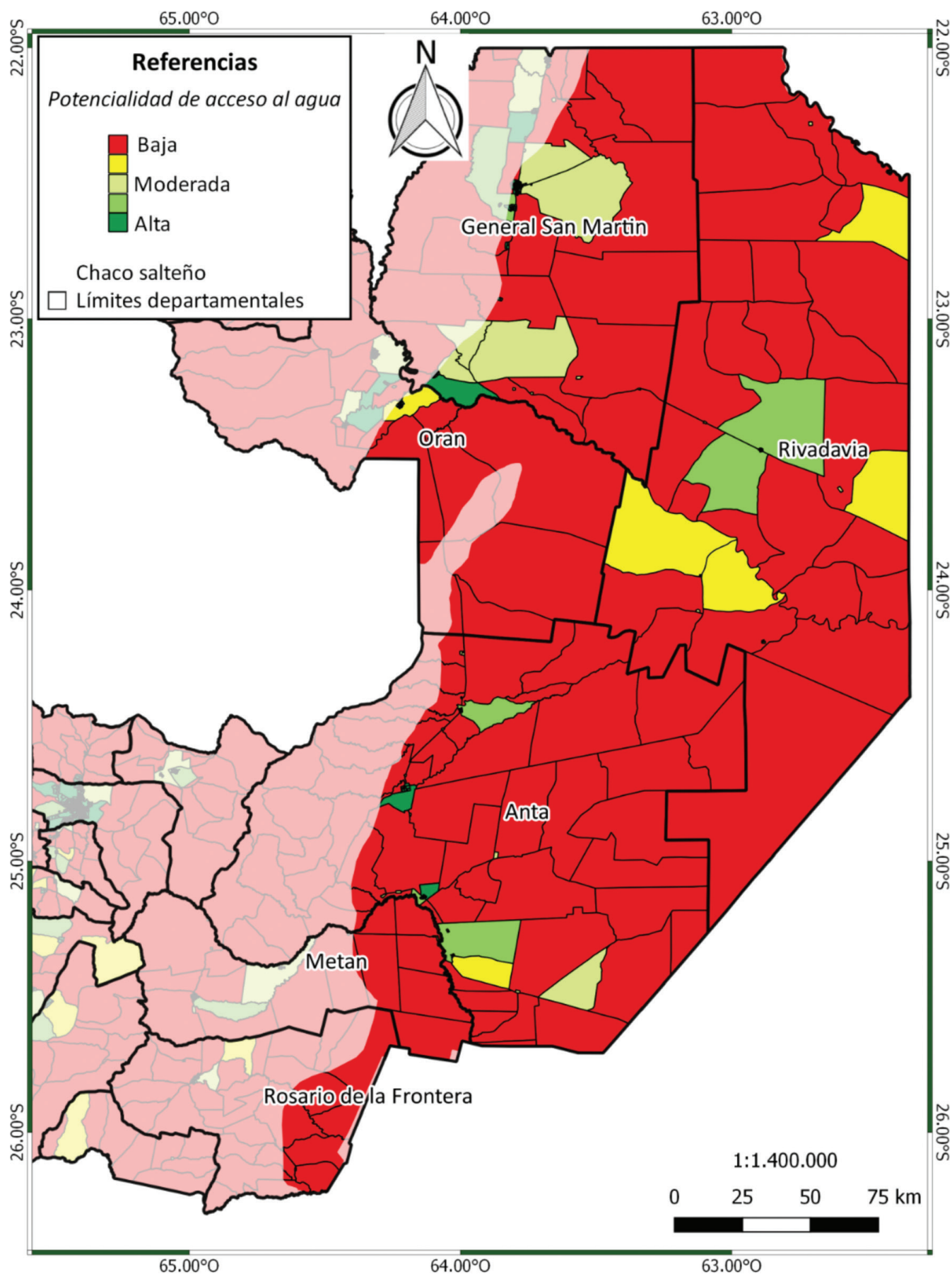
⁵⁰. López et al., 2018.

Mapa 4. Zonificación del criterio Procedencia del agua



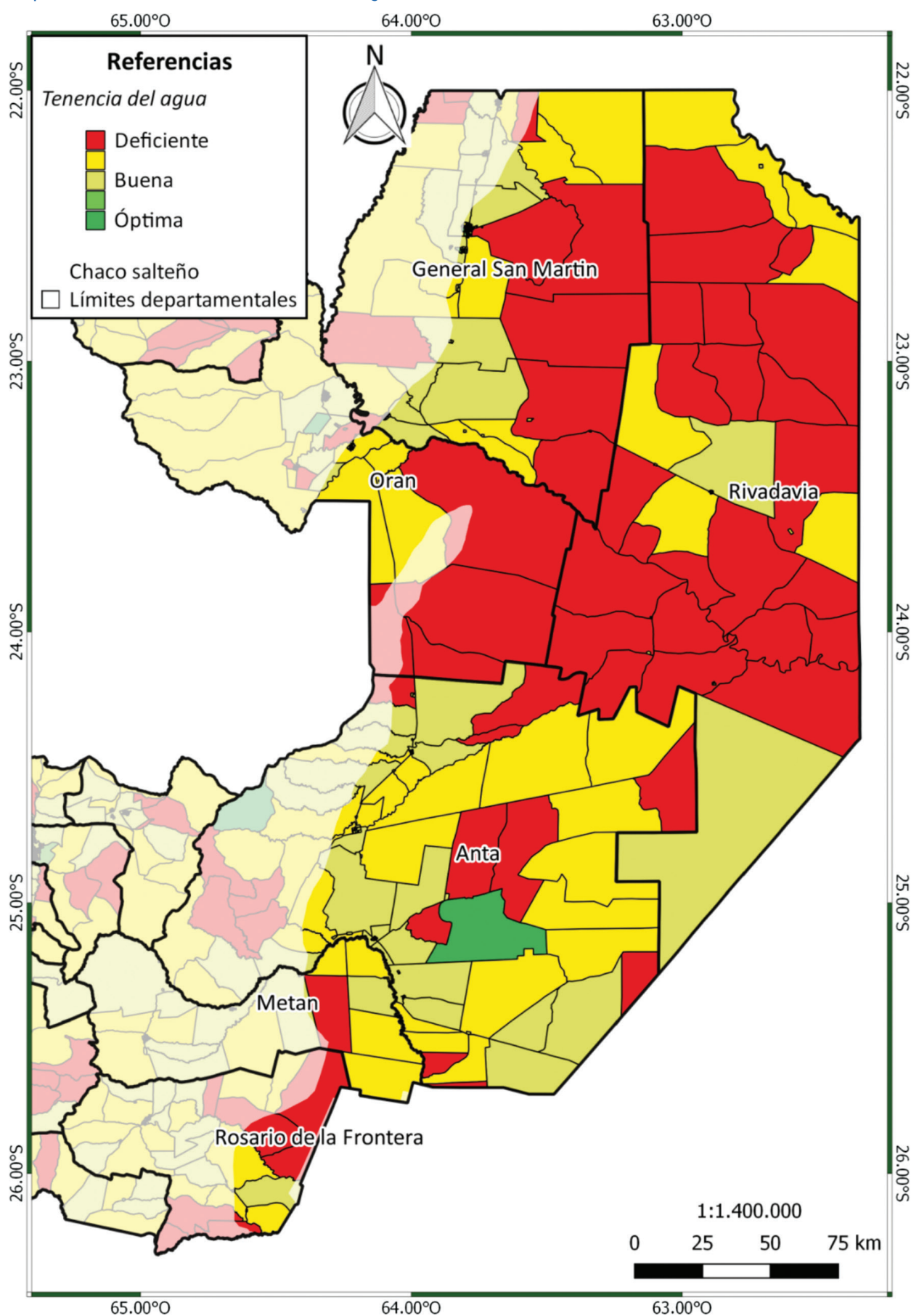
Fuente: Modificado de García, 2018.

Mapa 5. Zonificación del criterio Potencialidad de acceso al agua



Fuente: Modificado de García, 2018.

Mapa 6. Zonificación del criterio Tenencia del agua



Fuente: Modificado de García, 2018.

Tabla 3. EMC para definir Accesibilidad al agua para consumo humano a nivel provincial

VARIABLES	CATEGORÍAS	CALIFICACIÓN	VALOR
PROCEDENCIA DEL AGUA (P)	Red pública	ÓPTIMA	10
	Perforación con bomba a motor	MUY BUENA	8
	Perforación con bomba manual	BUENA	7
	Pozo	SATISFACTORIA	5
	Transporte por cisterna	DEFICIENTE	3
	Agua de lluvia, río, canal, arroyo	CRÍTICA	1
POTENCIALIDAD DE ACCESO SEGÚN DISTRIBUCIÓN ESPACIAL POBLACIÓN (PA)	Urbano (≥ 2000 habitantes)	ALTA	9
	Rural agrupado (< 2000)	MODERADA	6
	Rural disperso	BAJA	3
TENENCIA DE AGUA (T)	Por cañería dentro de la vivienda	ÓPTIMA	10
	Fuera de la vivienda pero dentro del terreno	BUENA	7
	Fuera del terreno	DEFICIENTE	3
ACCESIBILIDAD AL AGUA PARA CONSUMO $IAA = P \cdot 10 + PA \cdot 8 + T \cdot 4$	Rango de variación 46 - 212	BUENA	
		ACEPTABLE	
		REGULAR	
		MALA	

Rupturas naturales

Fuente: Modificado de López et al 2018.

puede tomar valores entre 212 y 46, así un valor bajo obtenido para el indicador refiere a un mayor nivel de criticidad en el acceso al agua por la población. Para facilitar el análisis espacial se realizó una reclasificación del indicador por el método de rupturas naturales, que se basan en las agrupaciones naturales de los datos⁵¹ estableciendo cuatro condiciones de accesibilidad: buena, moderada, baja y crítica (Mapa 7).

Entre los principales resultados se resalta que más del 95% de la superficie de la provincia tiene un acceso restringido al agua (72% accesibilidad crítica y 23% accesibilidad baja) y la distribución espacial de esta problemática se concentra especialmente en el Chaco salteño⁵².

Gestión institucional

La degradación ambiental y la lucha por el acceso a los recursos naturales en el Chaco salteño son de público conocimiento, es por ello por lo que se han puesto en marcha diversas iniciativas y son varias las instituciones que se encuentran trabajando en la zona, principalmente con el fin de garantizar el acceso al agua. Sin embargo, el problema persiste, por ello, para la identificación de las áreas prioritarias para la gestión del agua

se decidió analizar la Gestión institucional, entendida como la sinergia y/o complementariedad entre las distintas instituciones del gobierno y otros organismos con presencia en el territorio. Este abordaje se realizó a través de entrevistas a referentes claves de diversas organizaciones. Se realizaron las consultas a 18 instituciones (nacionales, provinciales, municipales y ONGs) que trabajan en la temática de acceso al agua en el área de estudio⁵³.

En las entrevistas se definieron las zonas de acción de cada institución, información que luego se digitalizó y permitió evidenciar un solapamiento en las áreas de trabajo (Mapa 8). Particularmente se observa una mayor “superposición” institucional en el departamento Rivadavia (municipio de Rivadavia Banda Norte y el norte de Rivadavia Banda Sur), como así también en las localidades de General Ballivián y Embarcación (correspondientes al departamento General San Martín).

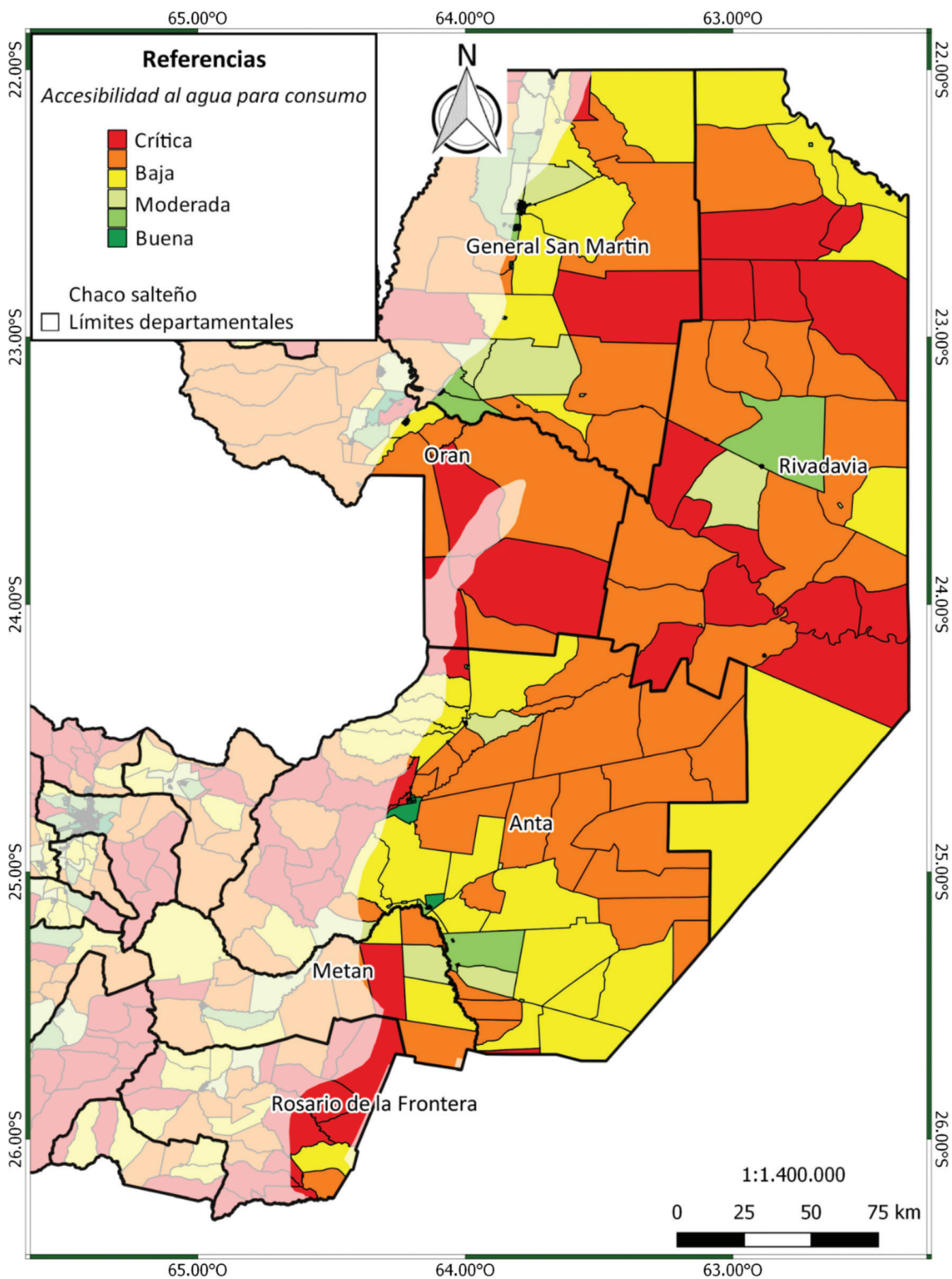
De los resultados precedentes podemos resaltar que, si bien el número de instituciones trabajando en la zona es elevado, no hubo aún una solución real al problema de acceso al agua. En este sentido, cobra importancia la necesidad de articular acciones conjuntas interinstitucionales, generar espacios de diálogo promoviendo

⁵¹. Jenks, 1967.

⁵². En el Mapa 7 se resaltan los resultados para el Chaco salteño.

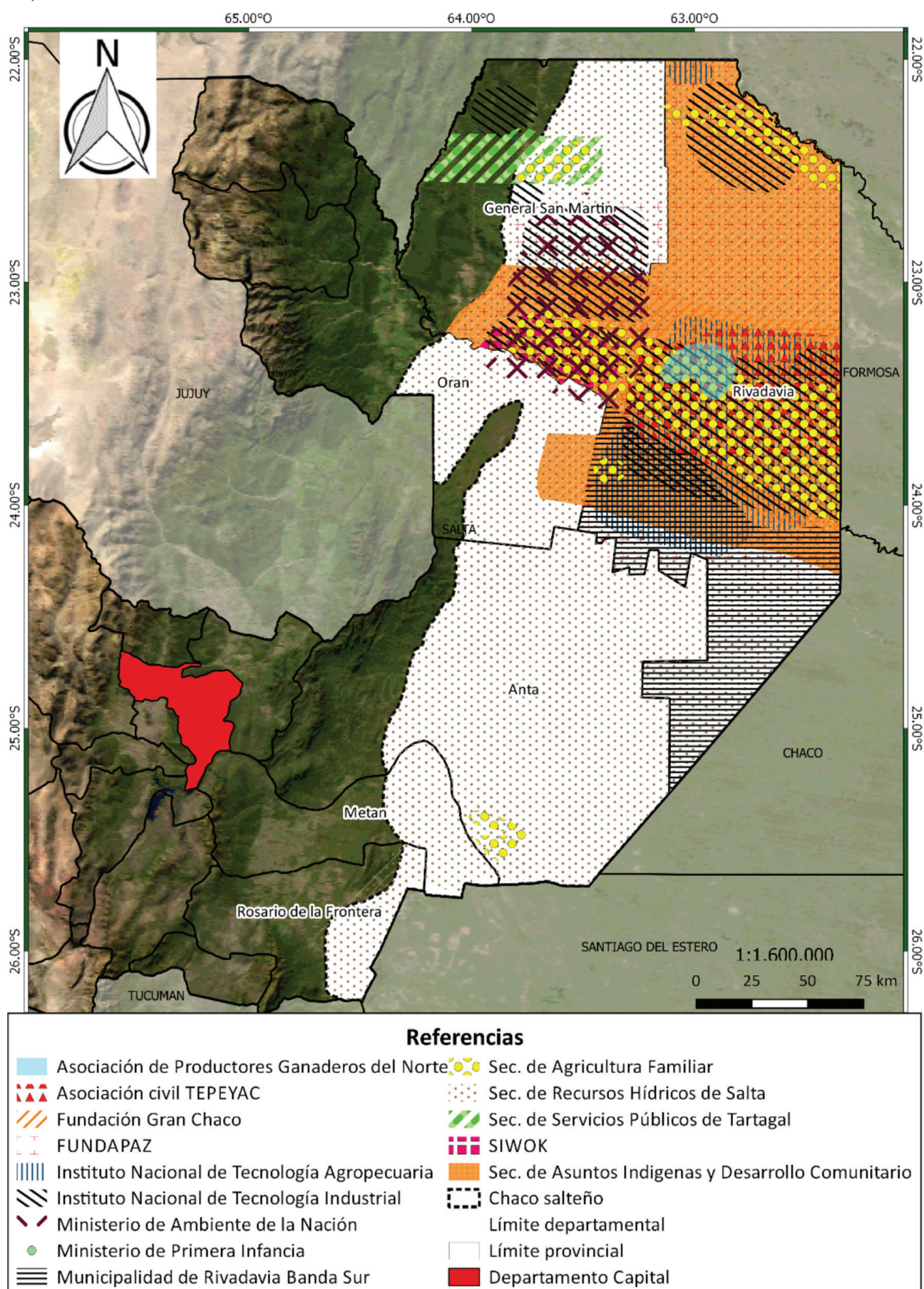
⁵³. García, 2018.

Mapa 7. Evaluación de la Accesibilidad al agua para consumo en el Chaco salteño



Fuente: Modificado de García, 2018.

Mapa 8. Áreas de acción institucional en el Chaco salteño



Fuente: Modificado de García, 2018

Tabla 4. Evaluación multicriterio para evaluar la Calidad del Recurso Hídrico Subterráneo

VARIABLES	RANGOS	DESCRIPCIÓN	CALIFICACIÓN	VALOR
INDICE DE CALIDAD DEL AGUA personalizado (ICAp)	ICAp=10	Sin presencia de sales tóxicas	BUENA	10
	ICAp de 8 a 10	Presencia de al menos un componente tóxico	REGULAR	6
	ICAp de 6 a 8	Presencia de dos componentes tóxicos	MALA	4
	ICAp de 4 a 6	Presencia de tres componentes tóxicos	PESIMA	2
	ICAp menor a 4	Presencia de cuatro componentes tóxicos	CRITICA	1
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA DEL AGUA (C.E.)	CE menor de 1.000 uS/cm	Agua dulce	BUENA	10
	CE entre 1.000 y 2.000 uS/cm	Agua moderadamente dulce	ACEPTABLE	7
	CE entre 2.000 y 3.000 uS/cm	Agua moderadamente salobre	REGULAR	5
	CE entre 3.000 y 5.000 uS/cm	Agua salobre	MALA	2
	CE mayor a 5.000 uS/cm	Agua salada	INACEPTABLE	1
CALIDAD DEL RECURSO HIDRICO CRH = ICAp*10 + CE*8	140-180	BUENA		
	100-140	ACEPTABLE		
	80-100	REGULAR		
	60-80	MALA		
	20-60	CRÍTICA		

Fuente: Modificado de García 2018.

miradas más integrales y optimizar esfuerzos para poder, entre todos, dar una solución real al problema de acceso al agua en esta zona.

Calidad del recurso hídrico subterráneo

Una importante fuente de agua en el Chaco salteño es el agua subterránea, cuya calidad es muy variable. El agua de los acuíferos terciarios presenta un marcado gradiente de salinidad en sentido general oeste – este, incrementándose hacia la zona de llanura (conductividad eléctrica entre 1.000 y 3.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Los acuíferos cuaternarios, en los sectores de mayor evapotranspiración, presentan conductividades eléctricas mayores a 2.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Otro factor para tener en cuenta con respecto a la calidad del agua es su elevada concentración de arsénico, considerada la problemática de mayor relevancia en la zona⁵⁴.

En este trabajo se evaluó la calidad del recurso hídrico subterráneo mediante el estudio de la conductividad eléctrica y la construcción de un Índice de Calidad de Agua personalizado⁵⁵ (en adelante ICAp), al considerar ambas variables como las de mayor signi-

ficación y aplicabilidad en la definición de áreas prioritarias de gestión del agua. Se construyó una base de datos con análisis fisicoquímicos de perforaciones y pozos someros, información proporcionada por diversas instituciones⁵⁶. Para el cálculo del ICAp se consideró la concentración de sulfatos, arsénico, boro y manganeso. El índice calculado para cada punto se ubicó geográficamente en una capa territorial, en la que se asignaron los pesos relativos para los distintos criterios y variables (Tabla 4).

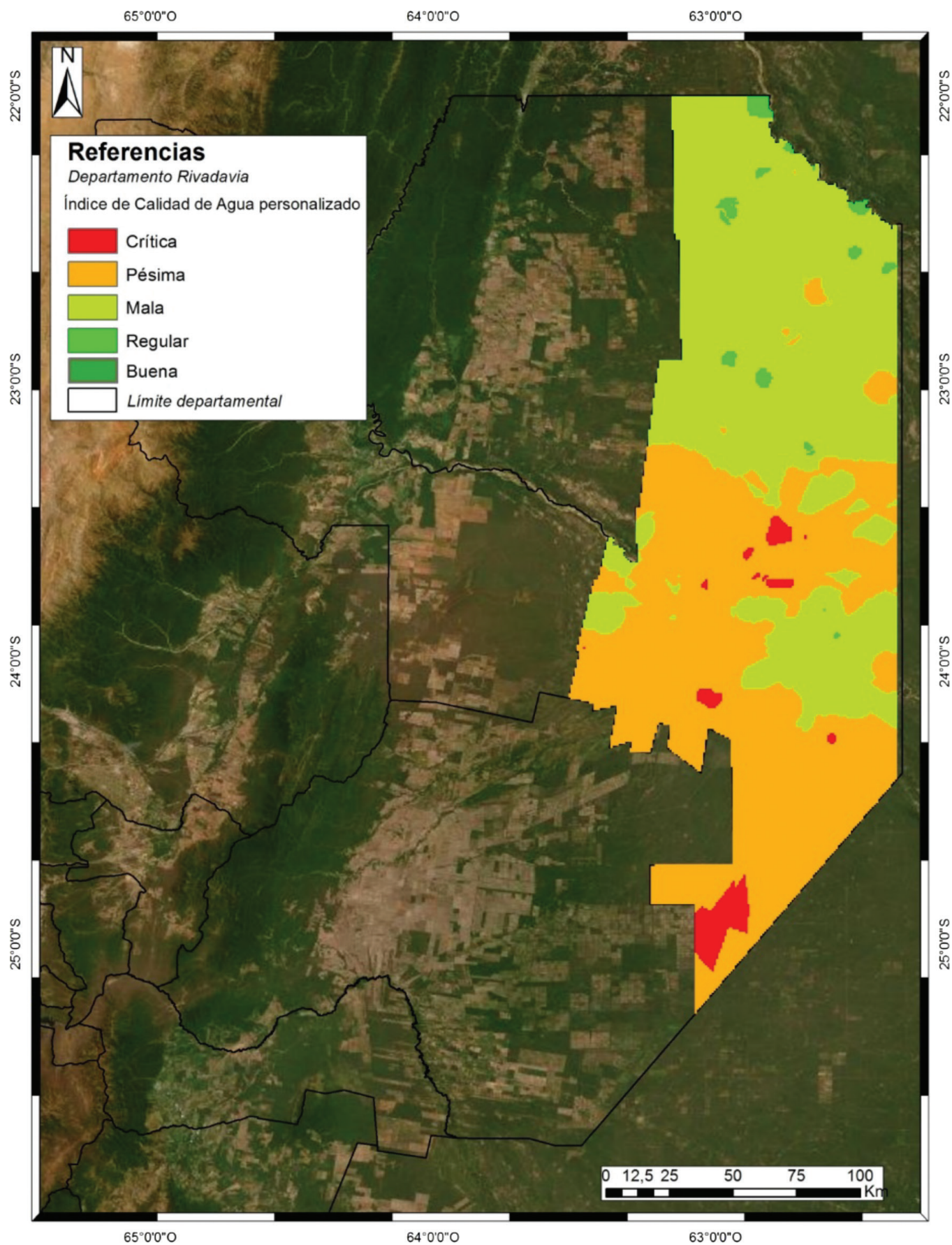
Los resultados se presentan para Rivadavia debido a que el 80% de los datos fisicoquímicos analizados corresponden a pozos y perforaciones ubicadas en dicho departamento. En el Mapa 9 se observa que el ICAp presenta una marcada zona crítica, circunscripta por un área mayor definida como pésima, abarcando todo el sur del departamento Rivadavia. Con respecto a la Conductividad Eléctrica (Mapa 10) los valores más altos de esta variable se encuentran hacia el centro-este del departamento, categorizados como condiciones mala y regular. Finalmente, al cruzar la información de ambos mapas, se obtiene una zonificación de la Calidad del Recurso Hídrico (en adelante CRH) para el departamento Rivadavia (Mapa 11). En el mapa resultante podemos

⁵⁴. Boujon et al., 2016.

⁵⁵. El ICAp propuesto por Rodríguez, Reolón y Pertusi (2010) fue adaptado en función de los datos disponibles para la región.

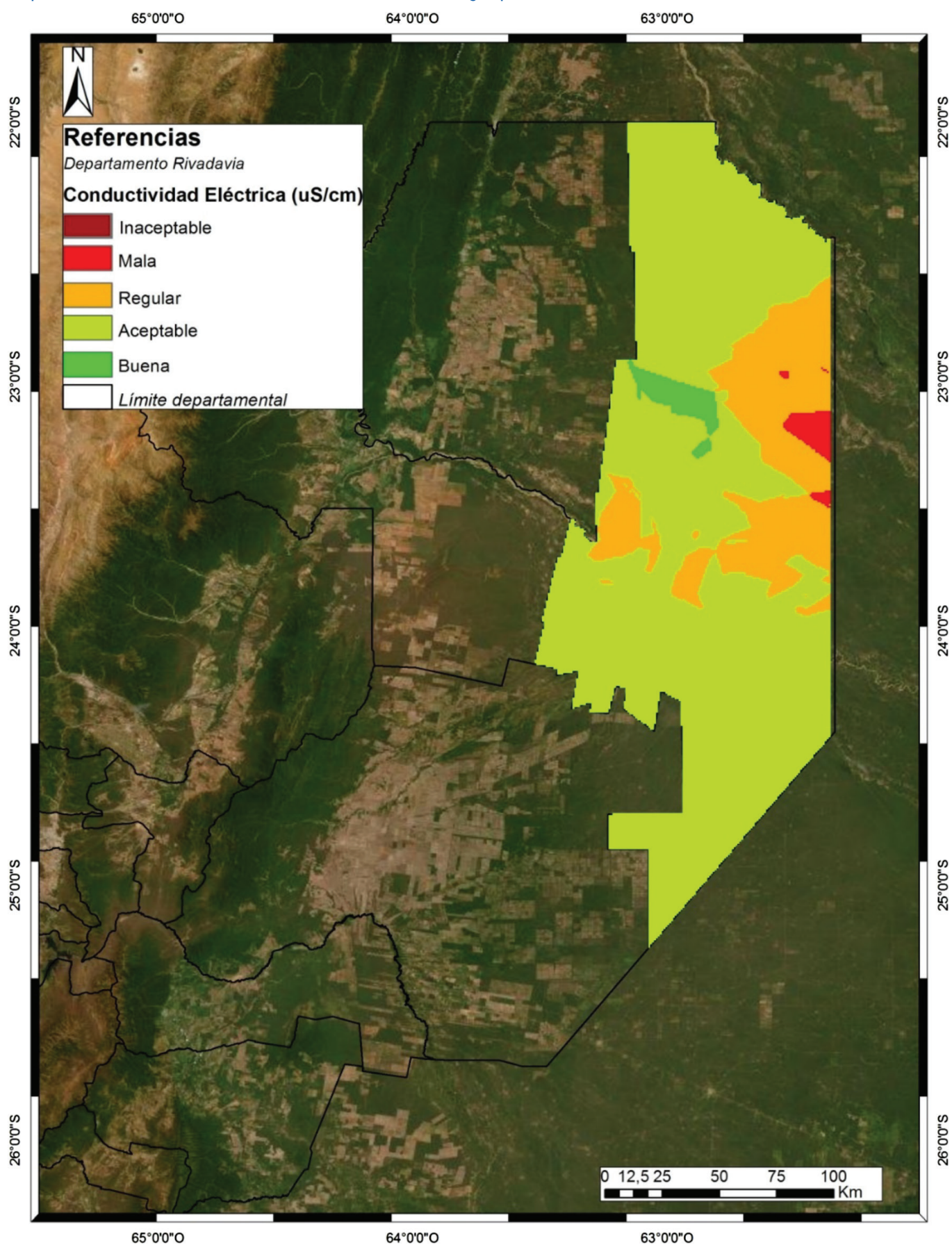
⁵⁶. Los datos utilizados fueron provistos por distintas instituciones: Secretaría de Recursos Hídricos de la provincia (65), programa PROHUERTA del INTA (13), INTI (13), Aguas del Norte (18) y proyectos de investigación (16).

Mapa 9. Zonificación del Índice de Calidad de Agua personalizado para Rivadavia



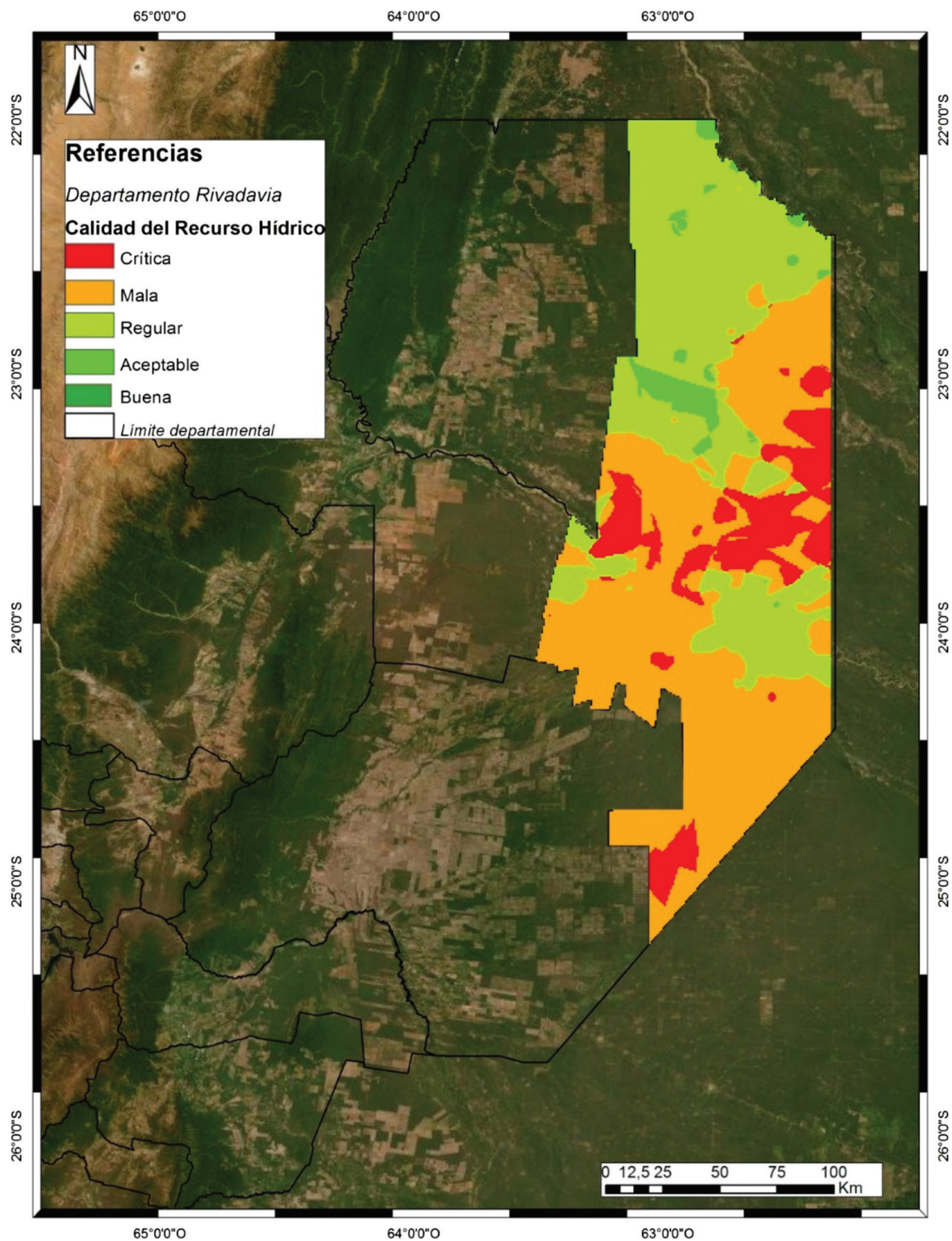
Fuente: Elaboración propia.

Mapa 10. Zonificación del criterio Conductividad Eléctrica del agua para Rivadavia



Fuente: Elaboración propia.

Mapa 11. Evaluación de la Calidad del recurso hídrico subterráneo para Rivadavia



Fuente: Elaboración propia.

observar que las condiciones crítica y mala se ubican en el centro este y hacia el sur del departamento, rodeadas por una calidad regular del recurso hídrico.

Conclusiones

La necesidad de una adecuada gestión de los recursos hídricos parte de uno de los objetivos fundamentales y prioritarios de la Agenda 2030 para el desarrollo sostenible: el acceso al agua limpia. Esa accesibilidad al agua puede interpretarse en términos de agua doméstica segura, como la posibilidad de tener un suministro permanente, que depende principalmente del esfuerzo necesario en distancia y tiempo para abastecerse, más que de la cantidad y calidad del agua⁵⁷. En las zonas rurales los problemas de acceso al agua, su distribución y usos, afectan principalmente a la agricultura familiar, comunidades de pueblos originarios y pobladores rurales aislados. Se trata de poblaciones vulnerables, muchas veces relegadas por el Estado.

El Chaco salteño ha sido una zona postergada desde siempre. En este estudio podemos concluir que es una región donde el acceso al agua es restringido y la gestión institucional deficiente, en el sentido de que aún con un gran número de instituciones trabajando no se ha logrado una solución real al problema. La calidad de las fuentes naturales de agua (subterránea) varía en regular, mala y crítica, principalmente en el departamento Rivadavia. Esta realidad lleva a pensar en la imperiosa necesidad de articular la institucionalidad territorial, con el fin de llevar a cabo acciones que respondan a una perspectiva integral, multisectorial y colaborativa.

Para lograr una articulación fluida y duradera, se necesita que todos los actores sociales se apropien de este proceso y lo guíen en el camino de brindar acceso al agua en condiciones de seguridad y en igualdad de oportunidades. Para ello, resulta fundamental generar espacios donde las organizaciones sociales, ONGs, instituciones gubernamentales y los referentes locales puedan visibilizar sus problemáticas y necesidades. En este sentido, dar continuidad a las mesas de diálogo ya existentes se convierte en una prioridad para garantizar el derecho al agua en el ámbito local, provincial y regional.

La posibilidad de construir un espacio de vinculación interinstitucional enfocado en una temática específica (agua), ofrece aportes significativos al abordaje de esta. El agua es un factor determinante en el desarrollo económico y social y, al mismo tiempo, cumple la función básica de mantener la integridad del entorno natural. Es uno de los recursos naturales vitales y resulta por ello imperativo que los temas hídricos sean tratados de manera integral. Proporcionar acceso al agua no se traduce automáticamente en una mejora de la calidad de vida; la financiación por sí sola no es suficiente, así como tampoco es suficiente un sinnúmero de instituciones técnicas, de investigación y ONGs trabajando con un mismo propósito, pero de manera aislada. Los gobiernos deben invertir en la adecuación de mecanismos de representación ciudadana y la generación de capacidades, a nivel local, para gestionar de manera eficiente y sostenible el recurso hídrico. Estas acciones deberán ir acompañadas de mayores espacios de poder para la población rural, tanto en la toma de decisiones, como en el acceso y control de los recursos naturales, sin perder de vista la equidad de género y etnia como un eje transversal a lo largo del proceso.

BIBLIOGRAFÍA

- Abraham, E.; Fusari, E. y Salomón, M. 2019: "El Índice de pobreza hídrica y su adaptación a las condiciones de América Latina", en Abraham, E. y Beekman, G. B. (Eds.), *Indicadores de la Desertificación para América del Sur*. Mendoza (Argentina), IICA, BID, ATN JF 7905, 4, 85-102. https://www.mendoza-conicet.gob.ar/ladyot/publicaciones/libro_bid/libro_bid.pdf
- Auge, M.; Wetten, C.; Baudino, G.; Bonorino, G.; Gianni, R.; González, N.; Grizinik, M.; Hernández, M.; Rodríguez, J.; Sisul, A.; Tineo, A. y Torre, C. 2006: "Hydrogeology of Argentina". *Boletín Geológico y Minero*, 117(1), 7-23. https://bibliotecadigital.exactas.uba.ar/collection/paper/document/paper_03660176_v117_n1_p7_Auge
- Belmonte, S.; López, E.; Sarmiento, N.; García, M. de los A.; Caso, R.; Goareguer, A. y Franco, J. 2018: "Acceso al agua en el Chaco salteño: Mirada integral a un problema no resuelto", en Juárez, P. (Comp.), *Hacia la gestión estratégica del agua y saneamiento en el Sur-Sur: Visiones, aprendizajes y tecnologías*. Bernal (Argentina), Universidad Nacional de Quilmes, 67-84. https://issuu.com/paulajuarez/docs/libro_geass_juarez

⁵⁷. Howard & Bartram & World Health Organization, 2003.

- Belmonte, S. & Escalante, K. N. & Franco, J.** 2015: "Shaping changes through participatory processes. Local development and Renewable energy in rural habitats". *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 45, 278-289. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.01.038>
- Belmonte, S.** 2009: *Evaluación multicriterio para el uso alternativo de energías renovables en la Ordenación Territorial del Valle de Lerma*, tesis doctoral, Universidad Nacional de Salta, Salta (Argentina).
- Boujon, P.; Fernández, D. S.; Trevisiol, S.; Pereyra, F. X. y Gambandé, L.** 2016: "Hidrogeología de la Región Chaqueña de la República Argentina". IX Congreso Argentino de Hidrogeología y VII Seminario Hispano-Latinoamericano sobre temas actuales de la Hidrología Subterránea, *Actas de Resúmenes Salta* (Argentina), CONAHI, 238-245. <http://www.cohife.org/advf/documentos/2018/11/5be482a39183f.pdf>
- Buliubasich, C. y González, A.** (Coords.) 2009: *Los Pueblos Indígenas de la Provincia de Salta. La posesión y el dominio de sus tierras. Departamento San Martín*. Salta (Argentina), Centro Promocional de las Investigaciones en Historia y Antropología. <https://www.opsur.org.ar/blog/wp-content/uploads/2012/04/59090637-InformeDDHH-Indigenas-Salta.pdf>
- Buliubasich, C. y Rodríguez, H.** 1999: "Demanda desde la cultura: Los Indígenas del Pilcomayo". *Andes*, 10. <https://www.educ.ar/recursos/93271/demanda-desde-la-cultura-los-indigenas-del-pilcomayo>
- Comisión Económica para América Latina, CEPAL.** 2016: *Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Una oportunidad para América Latina y el Caribe*. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40155/24/S1801141_es.pdf
- Dagnino, R.** 2011: "Tecnología social: base conceitual". *Ciência & Tecnologia Social: A construção crítica da tecnologia pelos atores sociais*, 1, 1, 1-12. <https://periodicos.unb.br/index.php/cts/article/view/7794>
- Escalante, K. N. & Belmonte, S. & Gea, M. D.** 2013: "Determining factors in process of socio-technical adequacy of renewable energy in Andean Communities of Salta, Argentina". *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 22, 275-288. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.01.054>
- Fernández Savoy, P.** 2017: "Antecedentes de trabajo. Agua Segura en el Chaco salteño", en *Encuentro-Taller Gestión del Agua en el Chaco Salteño*, Rivadavia Banda Norte, Coronel Juan Solá (Morillo), Salta (Argentina).
- Forni, F.** 2004: *Formulación y evaluación de proyectos de acción social*. Serie Documentos de Trabajo, 21, Buenos Aires (Argentina), Instituto de Investigación en Ciencias Sociales, Facultad de Ciencias Sociales, Universidad del Salvador. <http://csoc.usal.edu.ar/archivos/csoc/docs/idicso-sdti021.pdf>
- Folgueiras Bertomeu, P.** 2009: "Métodos y técnicas de recogida y análisis de información cualitativa". *Presentación taller*, Buenos Aires (Argentina). https://issuu.com/alejandrowarm/docs/power_taller
- Franco, J.; Belmonte, S. y Saravia, L.** 2016: *Desarrollo de tecnología solar de desalinización de agua con alta producción para la mejora de condiciones de vida y sistemas productivos*. Informe final, Proyecto de Investigación Plurianual 708. Buenos Aires (Argentina), CONICET.
- García, M.** 2018: *Tecnologías sociales de acceso al agua en el Chaco salteño*, tesina profesional, Universidad Nacional de Salta, Salta (Argentina).
- Garrido, S.; Lalouf, A. y Thomas, H.** 2012: "Políticas públicas para la inclusión social basadas en la producción de energías renovables. De las soluciones puntuales a los sistemas tecnológicos sociales". *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 16, 27-34. <http://www.asades.org.ar/biblioteca/revista-verma/>
- Gómez Delgado, M. y Barredo Cano, J.** 2005: *Sistemas de Información Geográfica y Evaluación Multicriterio en la Ordenación del Territorio*. Madrid (España), RA-MA.
- Howard, G. & Bartram, J. & World Health Organization. Water, Sanitation and Health Team.** 2003: *Domestic water quantity, service level and health*, World Health Organization. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/67884>
- INDEC.** 2010: *Censo poblacional 2010*, Instituto Nacional de Estadística y Censos de la República Argentina. <https://www.indec.gob.ar/indec/web/Nivel4-Tema-2-41-135>
- Jalomo-Aguirre, F. & Torres-Rodríguez, A. & Ceballos-González, L. & Avila-De Alba, J. P. & Álvarez-Cortazar, L. T.** 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*, 12, 59-70. <https://doi.org/10.17561/at.12.4069>
- Jenks, G. F.** 1967: "The Data Model Concept in Statistical Mapping". *International Yearbook of Cartography*, 7, 186-190.
- Lawrence, P. & Meigh, J. & Sullivan, C.** 2002: "The Water Poverty Index: an International Comparison". *Keele Economics Research Papers KERP 2002/19*. Staffordshire (United Kingdom), Centre for Economic Research, Keele University, revised Mar 2003. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.536.2948&rep=rep1&type=pdf>
- Leake, A. (Coord.)** 2010: *Los pueblos indígenas cazadores-recolectores del Chaco salteño: población, economía y tierras*. Salta (Argentina), Fundación ASOCIANA, Instituto Nacional de Asuntos Indígenas y Universidad Nacional de Salta. <https://journals.openedition.org/jsa/12706>
- Ledesma, N. R.** 1973: "Característica climática del Chaco seco". *Ciencia e Investigación*, 29, 68-181.

- López Álvarez, B. & Ramos Leal, J. A. & Santacruz, G. & Morán Ramírez, J. & Carranco Lozada, S. E. & Noyola Medrano, M. C. & Pineda Martínez, L. F. 2013: "Cálculo del Índice de pobreza del agua en zonas semiáridas: Caso Valle de San Luis Potosí". *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 29 (4), 249-260. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992013000400003&lng=es
- López, E.; Belmonte, S. y Franco, J. 2013: "Elaboración de un Sistema de Información Geográfica Hídrico para evaluar potenciales aplicaciones de Energía Solar en el Chaco Salteño". *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 17, 43-53. <http://www.asades.org.ar/biblioteca/revista-averma/>
- López, E.; Belmonte S.; García, M. A.; Sarmiento, N.; 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. <http://revistas.uan.edu.co/index.php/nodo/article/view/882>
- Moreno Pestaña, J. y Espadas Alcázar, M. A. 2009: "Investigación-acción participativa", en Román Reyes, D. (Dir.), *Diccionario crítico de ciencias sociales, Terminología Científico Social*. Madrid (España), Plaza y Valdés editores, Universidad Complutense de Madrid, Tomo 3.
- Organización de Naciones Unidas, ONU. 2014: "El derecho humano al agua y al saneamiento". https://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/pdf/human_right_to_water_and_sanitation_media_brief_spa.pdf
- Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico, OCDE. 2002: *Indicadores Ambientais: Rumo a um desenvolvimento Sustentável*. Série cadernos de referência ambiental, 9, París, OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/9789264066076-pt>.
- Peyloubet, P. 2018: *Convidar tecnología. Una propuesta a partir de la Co-construcción*. Buenos Aires (Argentina), Centro de Investigaciones y Estudios sobre Cultura y Sociedad, Editorial Diseño.
- Plataforma del Agua. <http://www.plataformadelagua.org.ar/>. Consulta realizada el 12 de junio de 2019.
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, PNUMA. 2012: *Aguas saludables para el desarrollo sostenible. Estrategia operativa del PNUMA para el agua dulce (2012-2016)*. http://www.pnuma.org/publicaciones/PNUMA_gestionAgua2012.pdf
- Ramachandra, T. V. & Tara, N. M. & Setturu, B. 2017: "Web Based Spatial Decision Support System for Sustenance of Western Ghats Biodiversity, Ecology and Hydrology", en Sharma, A. & Rajeswaran, J. (Edits.), *Creativity and Congition in Art and Design*, 58-70. <http://wgbis.ces.iisc.ernet.in/energy/water/paper/SDSS/index.html>
- Ramírez, L. 2013: "El acceso al agua potable en el Chaco [Argentina] y los progresos hacia el Objetivo del Milenio. Una mirada a través de la elaboración de un índice de criticidad". *Revista Geográfica Digital*, 10 (20), 1-11. <https://doi.org/10.30972/geo.10202202>
- Recabarren Santibáñez, O. 2016: "El estándar del derecho de aguas desde la perspectiva del derecho internacional de los derechos humanos y del medio ambiente". *Estudios constitucionales*, 14 (2), 305-346. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-52002016000200010>
- Redes Chaco, <http://www.redeschaco.org/index.php/el-gran-chaco-2/gran-chaco-americano>. Consulta realizada el 5 de junio de 2019.
- Rivera, P.; Navarro-Chaparro, K. y Chávez-Ramírez, R. 2017: "Cobertura socio-espacial y consumo doméstico de agua en la ciudad de Tijuana: ¿es de utilidad la misma gestión para diferentes usuarios?". *Agua y Territorio*, 9, 34-47. <https://doi.org/10.17561/at.v0i9.3475>
- Rodríguez, A.; Reolón, L. y Pertusi, L. 2010: "Herramientas y experiencias de proyectos aplicados: Índice e Indicadores de Calidad de Agua", *Conferencia de Directores Iberoamericanos del Agua*, Ministerio de Agricultura Alimentación y Medio Ambiente, Fundación CEDDET.
- Sarmiento, N.; Franco, J. y Belmonte, S. 2018: "Políticas públicas de energías renovables en Salta (Argentina). Sistema de Información Solar (SISol)", *XVI Congreso Ibérico y XII Congreso Iberoamericano de Energía Solar*, Libro de Actas. Madrid (España), Asociación Española de Energía Solar, 587-594.
- Scanlon, J. & Cassar, A. & Nemes, N. 2004: *Water as a Human Right?* Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, PNUD. IUCN Environmental Policy and Law Paper, Monographic Series 51. <https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2005.EPLP.51.en>
- Subsecretaría de Recursos Hídricos. 2017: *Plan Nacional del agua, Objetivos + Políticas + Estrategias + Acciones*. Buenos Aires (Argentina), Secretaría de Obras Públicas, Ministerio del Interior, Obras Públicas y Vivienda, Presidencia de la Nación. https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/plan_nacional_agua_.pdf
- Sullivan, C. & Meigh, J. & Giacomello, A. M. 2003: "The water poverty index: development and application at the community scale". *Natural Resources Forum*, 27, 189-199. <https://doi.org/10.1111/1477-8947.00054>
- Thomas, H. 2009: "De las tecnologías apropiadas a las tecnologías sociales. Conceptos / estrategias / diseños / acciones", Ponencia, *1° Jornada sobre Tecnologías Sociales, Programa Consejo de la Demanda de Actores Sociales*. Buenos Aires (Argentina), Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva.
- Thomas, H.; Fressoli, M. y Santos, G. (Orgs.) 2012: *Tecnología, Desarrollo y Democracia. Nueve estudios sobre dinámicas socio-técnicas de exclusión/inclusión social*. Buenos Aires (Argentina), Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva e Instituto de Estudios sobre la Ciencia y la Tecnología, Universidad Nacional de Quilmes.
- Torregrosa, M.; Kloster, K. y Latargère, J. 2015: "El acceso al agua y la construcción de territorio en Milpa Alta, México D. F.". *Agua y Territorio*, 6, 143-156. <https://doi.org/10.17561/at.v0i6.2817>

- Tsangaratos, P.; Pizpikis, T. y otros.** 2013: "Development of multi-criteria decision support system (DSS) coupled with GIS for identifying optimal locations for soil aquifer treatment (SAT) facilities". *Bulletin of the Geological Society of Greece*, 47 (2), 789-800. <https://doi.org/10.12681/bgsg.11115>
- Vargas Gil, J. R., Culto, J. P., Quiroga, I., Corvalán, E., Nieva, J. J., Nuñez, P., ... y Chachaua, G.** 1990: *Atlas de Suelos de la República Argentina, Provincia de Salta*. Buenos Aires (Argentina), Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Ediciones INTA, Tomo II, 289-350.
- Vargas Gil, J. R. y Vorano, A. E.** 1985: *Suelos y vegetación*, Buenos Aires (Argentina), INTA, 22-31.
- Zamora Gómez, J. P. y Pietro Garra, D. (Comps.)** 2016: *Agua de calidad con equidad: experiencias, debates y desafíos sobre acceso, tratamiento y uso del agua para la agricultura familiar en América Latina*. Buenos Aires (Argentina), Ediciones INTA. https://inta.gob.ar/sites/default/files/agua_de_calidad_con_equidad_-_digital.pdf



Evolución de la gestión del agua en municipios de México: Estudio de un Organismo Público Descentralizado en Los Altos de Jalisco (2013-2018)

Evolution of Municipal Water Management in Mexico: A Study of a Decentralized Public Agency in Los Altos de Jalisco (2013-2018)

Aldo Antonio Casteñeda Villanueva

Universidad de Guadalajara
Tepatlán de Morelos, México
acastaneda@cualtos.udg.mx

 <https://orcid.org/0000-0002-3818-9342>

Información del artículo:

Recibido: 14 mayo 2019

Revisado: 27 junio 2019

Aceptado: 23 julio 2020

ISSN 2340-8472

ISSNe 2340-7743

DOI 10.17561/AT.17.5518

RESUMEN

El trabajo aborda los avances y retos en la administración del agua de un Organismo Público Descentralizado de Los Altos de Jalisco (México), que ha evolucionado desde modelos centralistas hasta el actual esquema donde existe mayor participación social. Mediante los principios básicos del Marco Analítico de la Gobernanza y la Gestión Integrada de Recursos Hídricos se han detectado actores estratégicos, puntos nodales, normas y cierta participación social en la toma de decisiones, que refleja mejoras en áreas técnicas y administrativas, que han generado recuperación de impuestos y una nueva cultura del agua. No obstante, quedan cosas pendientes de realizar como la supresión y control de fugas de agua, la ampliación y optimización de los tratamientos y reutilizaciones de aguas, la apertura de más espacios para la participación ciudadana y la optimización en la priorización de proyectos de inversión.

PALABRAS CLAVE: Altos de Jalisco, México, Gestión de recursos hídricos, Gobernanza del agua, Organismo Público Descentralizado.

ABSTRACT

This paper addresses the advances and challenges in the water administration of a Decentralized Public Body in Los Altos de Jalisco (Mexico), which has evolved from centralist models to the current scheme where there is greater social participation. Using the basic principles of the Analytical Framework for Governance and Integrated Water Resource Management, strategic actors, nodal points, norms and a certain amount of social participation in decision-making have been identified, reflecting improvements in technical and administrative areas, which have generated tax recovery and a new water culture. However, there are still things to be done such as the elimination and control of water leaks, the expansion and optimisation of water treatment and reuse, the opening of more spaces for citizen participation and optimisation in the prioritisation of investment projects.

KEYWORDS: Altos de Jalisco, México, Water resource management, water governance, Decentralized Public Agency.

© CC-BY-SA

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

Evolução da Gestão da Água em Municípios Mexicanos: Estudo de uma Organização Pública Descentralizada em Los Altos de Jalisco (2013-2018)

SUMÁRIO

O trabalho aborda os avanços e desafios na administração da água de uma Organização Pública Descentralizada em Los Altos de Jalisco (México), que evoluiu de modelos centralistas para o esquema atual onde há uma maior participação social. Através dos princípios básicos do Marco Analítico de Governança e Gestão Integrada dos Recursos Hídricos, foram identificados atores estratégicos, pontos nodais, normas e certa participação social na tomada de decisões, refletindo melhorias nas áreas técnicas e administrativas, que geraram recuperação de impostos e uma nova cultura da água. Entretanto, ainda há coisas a serem feitas, tais como a eliminação e controle de vazamentos de água, a expansão e otimização do tratamento e reutilização da água, a abertura de mais espaços para participação cidadã e a otimização na priorização de projetos de investimento.

PALAVRAS-CHAVE: Altos de Jalisco, México, Gestão de Recursos Hídricos, Governança da Água, Organização Pública Descentralizada.

Évolution de la gestion de l'eau dans les municipalités mexicaines : étude d'une organisation publique décentralisée à Los Altos de Jalisco (2013-2018)

RÉSUMÉ

Le travail porte sur les progrès et les défis de l'administration de l'eau d'une organisation publique décentralisée à Los Altos de Jalisco (Mexique), qui a évolué des modèles centralisateurs au régime actuel où il y a une plus grande participation sociale. Grâce aux principes de base du cadre analytique pour la gouvernance et la gestion intégrée des ressources en eau, des acteurs stratégiques, des points nodaux, des normes et un certain degré de participation sociale à la prise de décision ont été identifiés, reflétant les améliorations dans les domaines techniques et administratifs, qui ont généré un recouvrement des impôts et une nouvelle culture de l'eau. Cependant, il reste des choses à faire, comme l'élimination et le contrôle des fuites d'eau, l'expansion et l'optimisation du traitement et de la réutilisation de l'eau, l'ouverture de plus d'espaces pour la participation des citoyens et l'optimisation de la priorisation des projets d'investissement.

MOTS-CLÉS: Altos de Jalisco, Mexique, Gestion des ressources en eau, Gouvernance de l'eau, Organisation publique décentralisée.

Evoluzione della gestione dell'acqua nei comuni messicani: Studio di un'organizzazione pubblica decentralizzata a Los Altos de Jalisco (2013-2018)

SOMMARIO

O trabalho aborda os avanços e desafios na administração da água de uma Organização Pública Descentralizada em Los Altos de Jalisco (México), que evoluiu de modelos centralistas para o esquema atual onde há uma maior participação social. Através dos princípios básicos do Marco Analítico de Governança e Gestão Integrada dos Recursos Hídricos, foram identificados atores estratégicos, pontos nodais, normas e certa participação social na tomada de decisões, refletindo melhorias nas áreas técnicas e administrativas, que geraram recuperação de impostos e uma nova cultura da água. Entretanto, ainda há coisas a serem feitas, tais como a eliminação e controle de vazamentos de água, a expansão e otimização do tratamento e reutilização da água, a abertura de mais espaços para participação cidadã e a otimização na priorização de projetos de investimento.

PAROLE CHIAVE: Altos de Jalisco, Messico, Gestione delle risorse idriche, Governo dell'acqua, Organizzazione pubblica decentralizzata.

Introducción

En Latinoamérica ha prevalecido la vigencia del manejo integral de cuencas a lo largo de las últimas décadas. La polémica en los distintos foros, a partir de la creación de la Red Latinoamericana de Cooperación Técnica en Manejo de Cuencas Hidrográficas (REDLACH) en 1980, constituye una clara expresión de la evolución de los conceptos, de las técnicas y la identificación de obstáculos para el manejo de cuencas. De igual forma, en México, los cambios tienden a transitar de un enfoque sectorial y centralista hacia uno integral, descentralizado y de mayor participación social. No obstante, las deficiencias institucionales y la ausencia de consensos entre las instituciones son aspectos que frenan el conocimiento y la gestión adecuada de las cuencas¹.

La mayor complejidad para conducir programas de manejo de cuencas reside en involucrar a muchos actores en el proceso si se pretende hacer acciones en gran escala y no solo en proyectos piloto, para lo cual se requieren muchos recursos y programas de inversión de muy largo plazo que superen el periodo de un gobierno. Por otro lado, no se puede ser tan exigente en los aspectos de rentabilidad aplicando estudios convencionales de análisis costo-beneficio. Al respecto hay que desarrollar una serie de indicadores, que aún están en proceso, para evaluar cada uno de los múltiples proyectos que conforman un programa de manejo de cuencas².

En este sentido, Guillermo Chávez Zárate, del Colegio de Ingenieros Civiles de México A.C., comenta que las posibilidades de gestionar y manejar integralmente una cuenca son inversamente proporcionales a su complejidad y a su tamaño. Esto significa que, a medida que descendemos en la escala de complejidad y tamaño de la cuenca podemos aumentar la integralidad de nuestra intervención y a la inversa, entre más grande y compleja es una cuenca las intervenciones integrales son más idealistas.

Por ello no todas las cuencas requieren de una gestión integral y completamente articulada en todos sus componentes y procesos, primero porque simplemente no es posible manejar todas las operaciones dentro de una cuenca, dado que no es igual la cuenca del río Bravo, la cuenca del río Amazonas o la cuenca del río Nilo, que las cuencas del río Tecolutla en Veracruz, del río Sabinal en Chiapas o el río Apatlaco en el estado de Morelos, y segundo, porque no existe la gestión integral como proceso único; lo que existe son múltiples

procesos naturales, sociales y económicos que dependen de factores muchas veces ajenos a la cuenca, por ejemplo la disponibilidad de recursos públicos, el precio del petróleo o el Tratado de Libre Comercio (TLC), en resumen: la gestión solo existe en función de su objeto y sobre todo de los objetivos que se proponen alcanzar los actores de la cuenca.

En México, por ejemplo, no se cuenta con un catálogo de cuencas bien definido a una escala apropiada, sobre el cual se pueda referenciar los múltiples estudios y datos con que se cuenta para permitir tanto la acumulación de conocimientos como la coordinación entre las instituciones, inclusive entre los grupos sociales. Las entidades públicas del país no tienen consenso sobre el número de cuencas que conforman nuestro territorio, o sobre el número de subcuencas en que se divide cada uno de los grandes sistemas hidrográficos del país. Sin embargo, se pretende gestionirlas integralmente.

No disponemos de una nomenclatura y un catálogo unificado de los ríos que circulan por el país, ni tenemos instalados sistemas de medición en todos los acuíferos del territorio nacional, pero nos obligamos a administrar nuestras aguas con base en las disponibilidades por cuenca y acuífero, olvidando que el agua se encuentra siempre en movimiento y, por tanto, el concepto de disponibilidad solo es imaginable momento por momento y en puntos específicos de la cuenca, lo demás son estadísticas y promedios.

Chávez Zárate afirma que, en México, para hacer posible y viable la gestión integrada del agua y de las cuencas es necesario:

1. Depurar las reformas recién aprobadas a la ley de aguas nacionales y reglamentarlas para darles consistencia con un modelo descentralizado y participativo.
2. Construir una gran red nacional de datos sobre el agua, las cuencas y el medio ambiente.
3. Replantear los esquemas de planificación nacional y sectorial para dar paso a un nuevo modelo que concentre la atención de las instituciones federales en lo verdaderamente estratégico para la seguridad nacional y en aquellos aspectos intercuenas que son vitales para el desarrollo regional y que rebasan el ámbito local.
4. Un modelo que facilite y promueva la definición de objetivos, estrategias y acciones en el ámbito de cuenca con la intervención de los gobiernos locales, los usuarios y la sociedad, dejando lo específico y operativo en los territorios de subcuenca, microcuencas y acuíferos, para los actores locales,

¹. Cotler, 2007.

². Dourojeanni, 2007.

incluidos los gobiernos estatales y municipales, las comunidades y los grupos sociales organizados, haciendo de los procesos de elaboración de planes y programas, verdaderos ejercicios de información, consulta, concertación y codecisión e incorporando las actividades de seguimiento y evaluación periódica para verificar los impactos que se van logrando en cada cuenca. Para avanzar es indispensable reformar las instituciones del agua cumpliendo los propósitos largamente anunciados de descentralización, acción coordinada de los gobiernos locales y acción participativa de los usuarios y ciudadanos.

5. También es necesario diferenciar más claramente las responsabilidades y tareas que competen a los gobiernos federal, estatal y municipal, procurando la complementariedad y coherencia de las leyes estatales con la legislación federal, para evitar contradicciones y vacíos que dificultan la gestión integrada del agua y de las cuencas.
6. Para lograr nuevos avances en la gestión integrada del agua y de las cuencas, es necesario alejarse del concepto tradicional del gobierno centralizado y autoritario que lo sabe todo y lo puede todo, para acercarse al de gobernabilidad, en el que las autoridades se relacionan cotidiana, sistemática y orgánicamente con los ciudadanos, para definir los planes y sus contenidos, para darles seguimiento y evaluar periódicamente sus resultados. Los ciudadanos tienen en mente un futuro más equilibrado de las cuencas hidrológicas, y en esa imagen está presente su deseo de dar mayor certidumbre a las nuevas generaciones sobre la posible mejora de su bienestar y que los gobiernos y los propios ciudadanos seamos capaces de construir sistemas más eficientes de gestión³.

Asimismo, encontramos que para el manejo del agua en México existe, oficialmente, un solo modelo: el de las cuencas hidrográficas. Este modelo homogéneo no reconoce las formas, dimensiones y la territorialidad indígena, la cual tiene muchos otros referentes. En general ha sido definido en documentos y tomando en cuenta el discurso moderno, occidental e internacional, pero no ha podido ser puesto en práctica: realmente se trata de un modelo que reconoce el uso del agua por sectores (agrícola, doméstico, industrial), pero de ninguna forma integra tales usos (cumple fines comunes), es un modelo de planeación que en la práctica no se aplica⁴.

El objetivo principal del presente estudio es evaluar tanto los avances como los retos en la gestión del agua y el saneamiento en el municipio de Tepatitlán de Morelos en el estado de Jalisco, en el occidente de México, desde la óptica metodológica del Marco Analítico de la Gobernanza (MAG) y la Gestión Integral de Recursos Hídricos (GIRH), detectando los actores estratégicos, puntos nodales, normas y la eventual participación social en la toma de decisiones del Organismo Público Descentralizado (OPD), que es el Organismo Operador en el municipio, principalmente en el periodo comprendido entre los años 2013 y 2018.

La estructura de cómo se realizó la presente investigación se muestra en la Figura 1, donde se destacan las seis etapas del proceso y las principales herramientas utilizadas.

Antecedentes

En la administración del agua en México sobresalen las siguientes etapas:

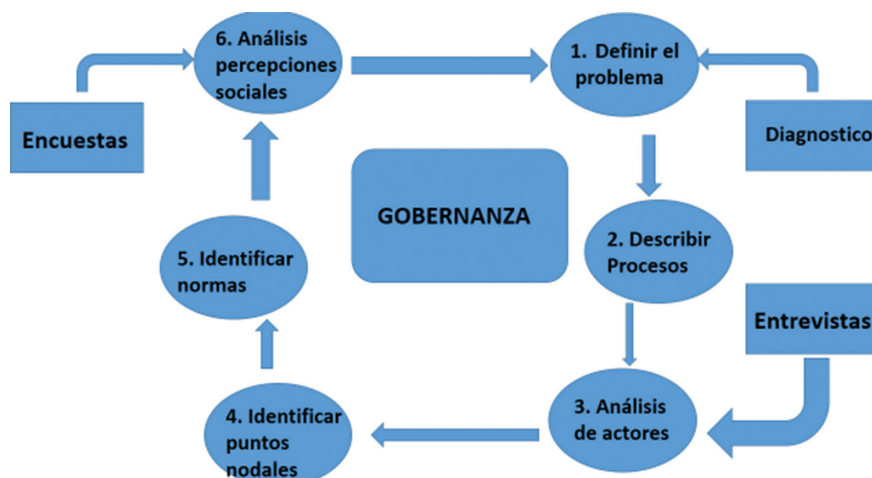
Primera mitad del siglo XX: el agua fue un estandarte del desarrollo nacional (construcción de infraestructura y aprovechamiento hidráulico disponible, sin considerar apenas, los efectos en el medio ambiente). En 1926 se aprobó la Ley sobre Irrigación con Aguas Federales y en 1929 la primera Ley de Aguas de Propiedad Nacional. En 1934 se expidió una segunda Ley de Aguas de Propiedad Nacional, que se reglamentó en 1936 y que estuvo vigente hasta 1972. En 1946 se concreta la administración del recurso hídrico con la creación de la Comisión Nacional de Irrigación que luego se transformó en la Secretaría de Recursos Hidráulicos (SRH). En este lapso, la prioridad fue impulsar el desarrollo agrícola nacional a través de la construcción de grandes obras de infraestructura hidroagrícolas, como presas y sistemas de riego. A lo largo de este periodo la política hidráulica nacional tuvo una visión fragmentada de los recursos naturales.

Segunda mitad del siglo XX: el agua fue sinónimo de alianza con el sector agropecuario, (fusión de las secretarías de desarrollo hidráulico, de agricultura y ganadería). En 1976 se crea la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, en 1988 se publica la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), hasta la fecha base de la política ambiental del país. A partir del cambio en las políticas ambientales, el sector hídrico se fortalece con la creación de la CONAGUA (1989) como autoridad federal en materia de

³. Chávez Zárate, 2007.

⁴. Murillo-Licea, 2019.

Figura 1. Estructura utilizada en la investigación de la gestión del agua en el municipio de Tepatlán Jalisco



Fuente: Elaboración propia.

administración del agua. La Ley de Aguas Nacionales (LAN) es publicada en 1992, regula y establece el funcionamiento de la CONAGUA, la cual en 1994 se reconstituye como una entidad desconcentrada de la recién creada Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP). En el 2000 aparece la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). En dicho periodo las políticas ambientales del país se encaminaron a la búsqueda del desarrollo sustentable y en el sector hídrico se incorpora el modelo de la Gestión Integral de los Recursos Hídricos (GIRH) con una visión de la gestión en cuencas hídricas.

En los últimos 30 años han tenido lugar en México cambios que van de los modelos centralistas (“leviatán hidráulico” o “lo hidráulico”) a una pseudo-gobernanza del agua (“lo hídrico”), basada principalmente en la eventual participación de la sociedad. En los primeros se concentra la toma de decisiones en el Estado, quien funge como la única entidad que planifica, construye, desarrolla y opera las grandes inversiones de infraestructura hidráulica (1970-1990). Con las reformas neoliberales surge la gobernanza del agua, donde el Estado empieza a compartir su papel rector de los recursos hidráulicos con otros actores⁵.

Por otra parte, las políticas públicas de regionalizaciones administrativas y metropolización del territorio como política global responden a intereses externos y no necesariamente a un desarrollo integral de las regiones que lo conforman. Los discursos justifican iniciativas detonantes de economía local que no incluyen a la población local; forman parte de la fuerza de trabajo al servicio de economías de exclusión, paradójicamente,

parte de la población local se inserta en tales formas de mercado laboral, aunque actividades tradicionales agropecuarias en pequeña escala sigan existiendo, por lo que es preciso urgir al Estado, en sus distintos niveles de gobierno, una nueva dirección de las regionalizaciones administrativas, que se apliquen mediante la consulta (comprobable) de los sectores de las sociedades, así como de la construcción de una gobernanza para la planeación y aplicación de políticas públicas que impliquen cambios en el territorio, los recursos naturales, los procesos económicos, sociales, culturales y ambientales, de las sociedades locales⁶.

La orientación del marco normativo en México para la administración de los recursos hídricos se muestra en la Figura 2, donde aparecen las principales instituciones y figuras jurídicas relacionadas con la gestión del agua y el ambiente⁷.

A nivel local las principales figuras-organismos relacionados con la gestión del agua son:

Consejos de Cuenca: Órganos colegiados de integración mixta, de coordinación y concertación, apoyo, consulta y asesoría, entre la CONAGUA y las dependencias y entidades de las instancias federal, estatal o municipal, y los representantes de los usuarios de agua y de las organizaciones de la sociedad, de la respectiva cuenca hidrológica o región hidrológica.

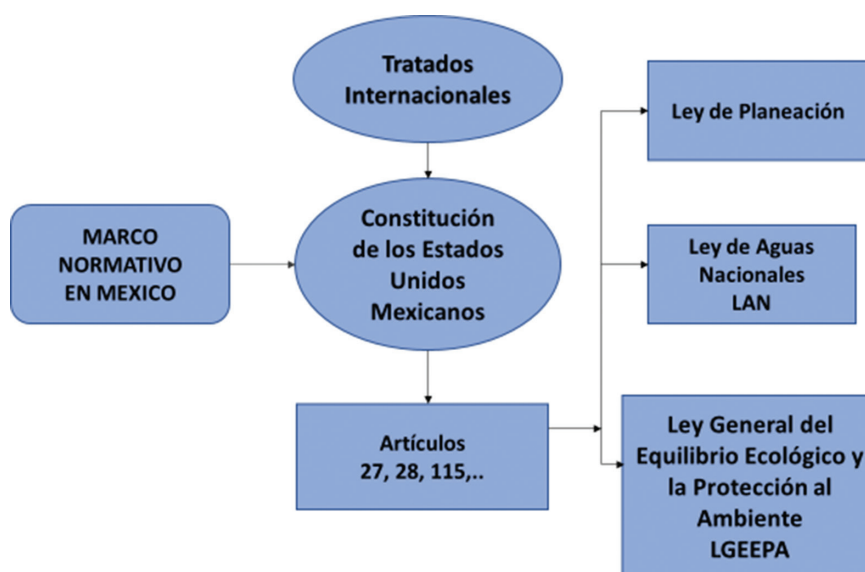
Comités Técnicos de Aguas Subterráneas (COTAS): Son un intento de respuesta para los intereses de usuarios del agua e instituciones que pretenden mejorar la administración del acuífero. El artículo 14 BIS de la

⁵. Barkin, 2011.

⁶. Hernández García y Sandoval Moreno, 2018.

⁷. Abedrop López y Reyes Morales, 2008.

Figura 2. Marco normativo para la administración del agua en México



Fuente: Elaboración propia.

LAN (2017) promueve la organización y participación de usuarios y la sociedad en el seno de los COTAS. Son simples coadyuvantes de la autoridad, que consensan y proponen acciones y/o reglamentos, vigilando su cumplimiento, sin excluir a ningún usuario de su ámbito de acción.

Unidades de Riego para el Desarrollo Rural (UNDERALES): Los sistemas de riego se encuentran organizados para su operación, conservación y administración en Distritos de Riego (DR) y en Unidades de Riego (UR). Su objetivo es lograr que el suelo, el agua y sus recursos asociados disponibles se utilicen con eficiencia a fin de obtener mayores ingresos económicos para los agricultores⁸. En 1972 con la promulgación de la Ley Federal de Aguas, se establece de manera sólida la organización de Unidades de Riego para el Desarrollo Rural (URDERAL) y de sus productores. Actualmente las UNDERALES dependen tanto de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) como de la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP) así como de la Secretaría de Desarrollo Rural (SAGAR), no quedando claramente definidas las funciones de cada una, cayendo en la descoordinación y falta de delimitación de responsabilidades⁹.

Organismos Operadores de Agua Potable y Saneamiento (OOAPAS): Hoy en día los gobiernos municipales tienen a su cargo el abastecimiento de agua potable a sus poblaciones, así como el dar tratamiento a sus

efluentes (Art. 115, Constitución mexicana), por lo que grandes corporativos empresariales de corte internacional participan en los sistemas locales de la gestión del agua como: Vivendi/Agbar (Aguas de Barcelona), Générale des Eaux/Veolia (Francia) y Abengoa (España), entre otros (Figura 3).

Comités vecinales: A nivel local es característico que las pequeñas comunidades se organicen con base en la cooperación entre sus miembros y la producción se basa en sus necesidades, no sobre la lógica de la ganancia, sino sobre la satisfacción de necesidades básicas humanas, de sobrevivencia y reproducción¹⁰. Bajo este principio los comités vecinales que administran el agua a nivel rural son autogestores y están formados por miembros de la propia comunidad, elegidos por ciertos periodos de tiempo, con responsabilidades y atribuciones específicas para el suministro de agua a toda la comunidad, fijando cuotas, sanciones, realizando reuniones y atendiendo principalmente los sistemas de abastecimiento (operación, mantenimiento y control), normalmente limitados en recursos y soporte técnico por parte de las autoridades correspondientes a nivel regional.

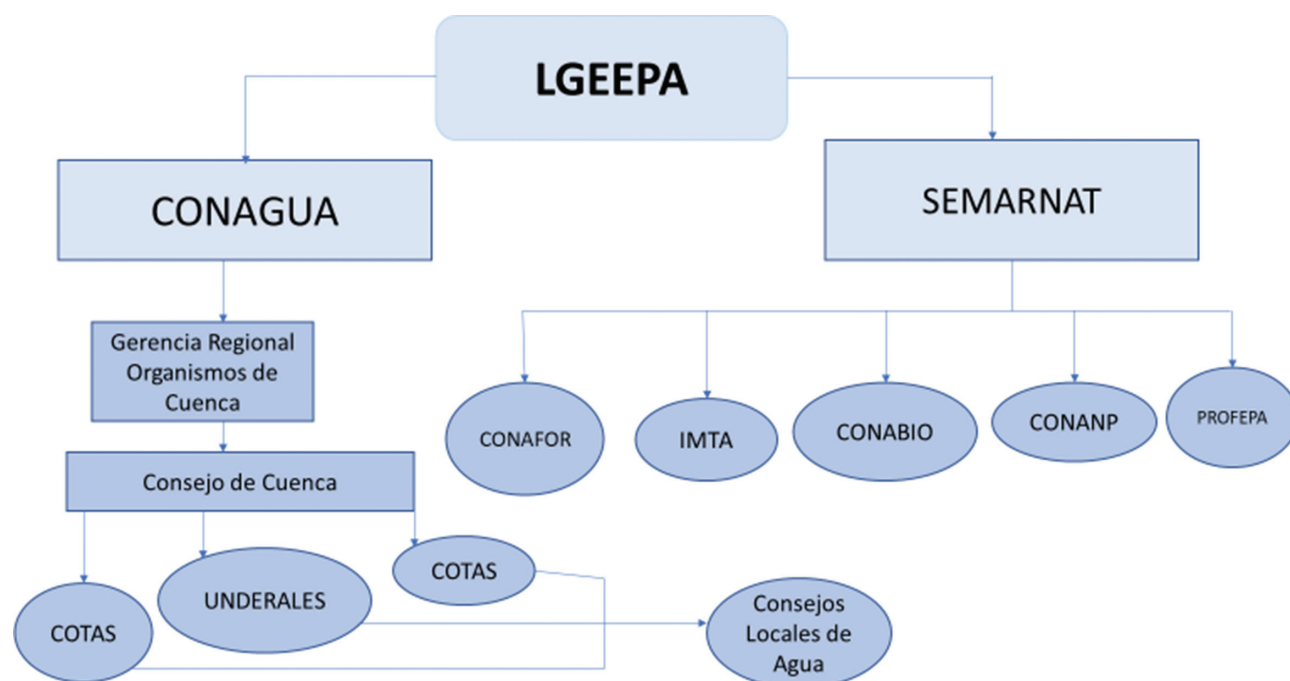
Por otra parte, estudios recientes han concluido que los gobiernos municipales en México no tienen la facultad legalmente expresa en el artículo 115 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos para asociarse intermunicipalmente en torno al cuidado de los recursos naturales y el medio ambiente, por lo que son los ciudadanos de los municipios los que pueden

⁸. Guillén González, Lomelí Villanueva y González Casillas, 2016.

⁹. Vuelvas Cisneros, 2016.

¹⁰. Sandoval-Moreno y Günther, 2013.

Figura 3. Principales organismos del gobierno mexicano con incidencia en la gestión del agua



Fuente: Elaboración propia.

asociarse por medio del derecho consuetudinario (usos y costumbres) y mediante las facultades de libre asociación que les otorga la Ley Agraria a los Ejidatarios para hacer frente a su problemática intermunicipal común de forma democrática y participativa¹¹.

Gestión Integrada de Recursos Hídricos (GIRH)

Para todo desarrollo económico y social, el agua es un factor determinante. A la vez el agua cumple la función básica de mantener la integridad del entorno natural. Sin embargo, el agua es solo uno de los recursos naturales vitales, y resulta por ello imperativo que los temas hídricos no sean tratados de forma aislada. Así, los gestores —tanto gubernamentales como del sector privado— deben de tomar decisiones complicadas sobre la asignación del agua. Con mayor frecuencia, estos se enfrentan a una oferta que disminuye frente a una demanda creciente. Factores como los cambios demográficos y climáticos también incrementan la presión sobre los recursos hídricos.

El tradicional enfoque fragmentado ya no resulta válido y se hace esencial un enfoque holístico para la gestión del agua. Este es el fundamento del enfoque para la GIRH (Figura 4), aceptado internacionalmente como el

camino hacia un desarrollo y gestión eficientes, equitativos y sostenibles de unos recursos hídricos cada vez más limitados y para abordar unas demandas en constante competición.

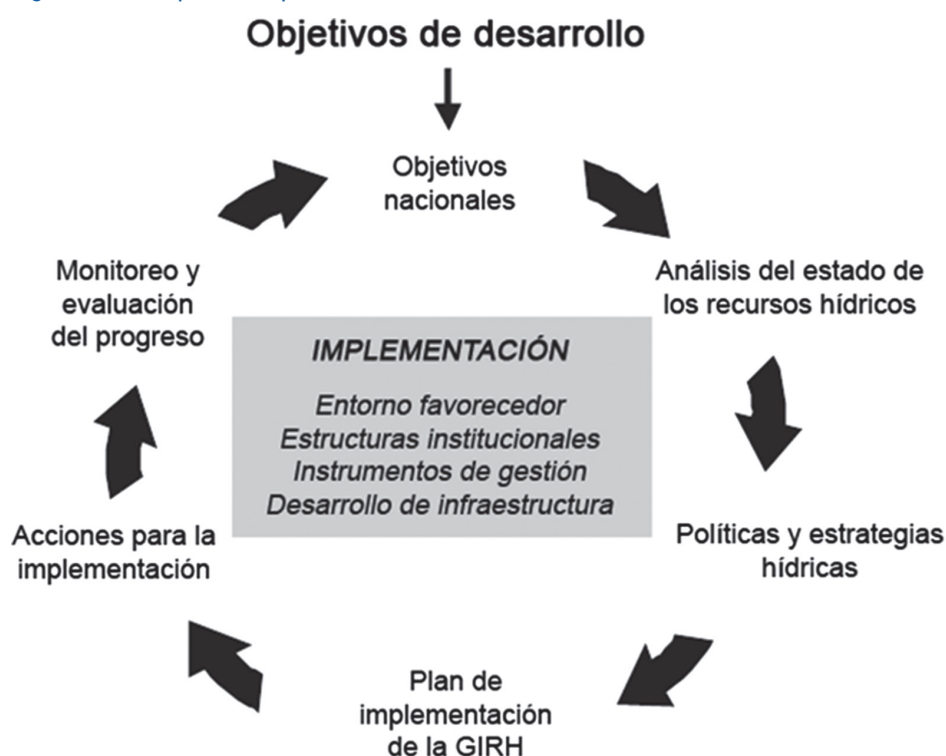
En términos generales la GIRH es un proceso que promueve la gestión y el desarrollo coordinados del agua, el suelo y los otros recursos relacionados, con el objetivo de maximizar los resultados económicos y el bienestar social de forma equitativa sin comprometer la sostenibilidad de los ecosistemas vitales¹². Se añade la gobernanza efectiva del agua, lo que sugiere una mayor coordinación en el desarrollo y administración del suelo, aguas superficiales y subterráneas, cuencas fluviales y sus ambientes costeros y marinos adyacentes, e intereses aguas arriba y aguas abajo. En la práctica significa posicionar al agua en el lugar adecuado dentro de la agenda nacional, promover una mayor “conciencia hídrica” entre los tomadores de decisiones que están a cargo de las políticas económicas y de los que están en sectores relacionados con el agua, desarrollar más canales efectivos para la comunicación y para la toma de decisiones compartida entre instancias gubernamentales, organizaciones, grupos copartícipes y comunidades, así como estimular a las personas a que piensen “más allá de lo convencional” con respecto a definiciones tradicionales sectoriales¹³.

¹¹. García Galván y Herrera Tapia, 2019.

¹². Centro para el Agua y el Medio Ambiente, 2009.

¹³. Global Water Partnership, 2003.

Figura 4. Fases para la implementación del modelo de la GIRH



Fuente: ONU-Agua, 2008.

De esta forma, la gobernanza del agua es un mecanismo que apoya la implementación de manera efectiva y eficiente del modelo de la GIRH, especialmente por las implicaciones que requiere la administración en la toma de decisiones para lograr el manejo sustentable del agua¹⁴. En el mismo sentido, Rogers¹⁵ considera la gobernanza del agua como la capacidad de un sistema social para movilizar las energías de forma coherente con el objetivo de alcanzar el desarrollo sustentable de los recursos hídricos. La participación ciudadana en los procesos de toma de decisiones contribuye a una mejor gestión del agua. Por tanto, se consolida como una opción fiable para lograr el desarrollo sustentable en el ámbito local¹⁶.

Marco Analítico de la Gobernanza (MAG)

En este modelo se considera a la gobernanza como un proceso social colectivo, no normativo, que consiste en identificar los actores, espacios e instituciones que intervienen en la solución de problemas sociales. Asimismo, explica los procesos de cómo la sociedad participa y se involucra en la toma de decisiones en el manejo de su

territorio a nivel local¹⁷. El MAG es un procedimiento para el estudio de las políticas sociales y la administración de recursos naturales como el agua (Figura 5).

En el presente estudio se desarrollan los conceptos de este modelo, identificando para la gestión del agua en un municipio de Los Altos del estado de Jalisco: la problemática actual, los principales actores involucrados (entrevistas), las normas que rigen las acciones, las interfaces sociales (puntos nodales), la participación social (encuestas), así como los procesos en la toma de decisiones.

Organismo Público Descentralizado ASTEPA (Agua y Saneamiento del Municipio de Tepatitlán, Jalisco)

El sistema de ciudades en Jalisco se define principalmente por el predominio de su capital sobre el resto del territorio, el área metropolitana de Guadalajara, segunda ciudad a nivel nacional, alberga a 4.434.878 habitantes¹⁸, representando el 54 % de la población jalisciense, así como el 71 % del personal ocupado en el comercio y los servicios y el 85 % de la mano de obra en la industria manufacturera.

¹⁴. Castelán, 2001.

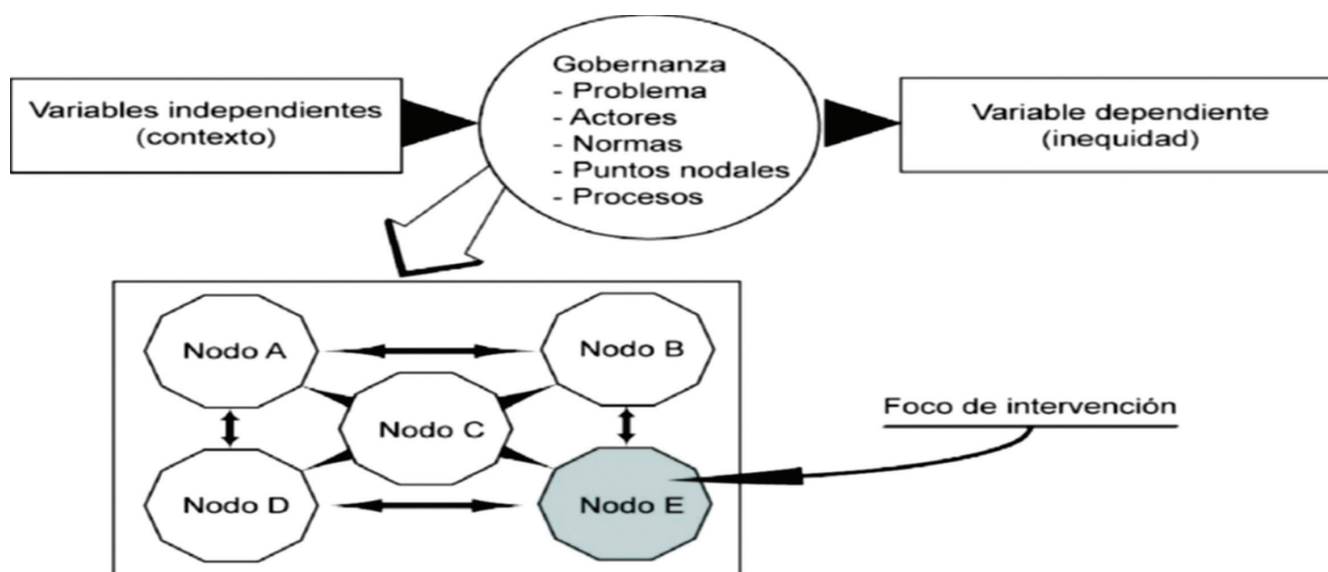
¹⁵. Rogers, 2002.

¹⁶. Ostrom, 1990.

¹⁷. Hufty, 2008.

¹⁸. Instituto Nacional de Estadísticas y Geografía, 2012.

Figura 5. Elementos y etapas del MAG



Fuente: Hufty, 2008.

Fuera de la capital estatal pocas ciudades superan los 100.000 habitantes, mientras que en el área rural se mantiene una gran cantidad de pequeñas localidades dispersas. Lo anterior permite afirmar que Jalisco constituye una réplica del modelo centro-periferia que impera a escala nacional. En el interior del estado las regiones observan contrastes importantes, el dominio centralizador de una sola ciudad sobre su entorno es evidente¹⁹.

El propio gobierno de Jalisco reconoce, para fines de planeación y programación de inversión pública, las regiones de Tepatitlán y Lagos, entre otras, aunque asumiendo criterios históricos, ecológicos y funcionales ambas forman, en realidad, una sola unidad regional: Los Altos de Jalisco. Se trata de un territorio situado en el brazo nor-oriental del estado, caracterizado por una topografía relativamente llana, lo cual ha facilitado históricamente la construcción de su red vial²⁰.

Se ubica a una altura promedio de 2.000 metros sobre el nivel del mar, fungiendo como espacio de transición entre un sector húmedo del centro del país y el norte árido. Políticamente se integra por 19 municipios que cubren una superficie aproximada de 15.500 km², incluyendo a cinco de los 19 centros urbanos jaliscienses. La región Altos de Jalisco se divide en dos zonas: Altos-Norte y Altos-Sur; la primera tiene una superficie total de 8.882,23 km² (11,08 % de la superficie del estado). La profundidad de los pozos para la extracción del agua en esta zona está

en torno a los doscientos metros de promedio, a excepción de los municipios de Ojuelos y San Diego de Alejandría en donde las profundidades son de 300-400 metros. La zona de Altos-Sur tiene una superficie de 6.677,36 km² (8,33 % de la superficie del estado). Ambas regiones se ubican en la región hidrológica RH-12 "Lerma-Santiago". Altos-Sur presenta un acuífero definido en la zona Acatit-Tepatitlán-Arandas, con una superficie aproximada de seis mil km², que por sus características geo-hidrológicas es explotado ampliamente, sobre todo por los municipios de Tepatitlán y Arandas, oscilando las profundidades de los pozos en la zona entre los 200 y 500 metros²¹.

Las fuentes de contaminación del agua en estas regiones se relacionan directamente con las actividades socio-económicas que se desarrollan en cada zona. En general predominan las explotaciones pecuarias (porcina, avícola y ganadera), la agricultura de temporal y una creciente industria de transformación (embutidos, lácteos, tequila, entre otros). En referencia al inventario ganadero en Jalisco y la zona de estudio puede verse la Tabla 1, con datos de 2014.

La Tabla 1 refleja la importancia de la zona alteña, tanto en la producción pecuaria nacional como en la generación de desechos orgánicos y aguas residuales. Es evidente un elevado grado de eutrofización del agua de bordos que sirven de abrevaderos para la ganadería regional y en los embalses de presas, cuyas aguas son utilizadas como suministro de agua potable para municipios como el de Tepatitlán, donde ya se han identificado

¹⁹. Consejo Nacional de Población, 2015.

²⁰. Comisión de Planeación para el Desarrollo del Estado de Jalisco, 2004.

²¹. Comisión Nacional del Agua, 2014.

problemas de contaminación y eutrofización²². Según la Secretaría del Medio Ambiente y Desarrollo Social del Estado de Jalisco²³, todos los municipios de las regiones Altos-Sur y Altos-Norte presentan problemas de contaminación de agua superficial al verter aguas residuales sin tratamiento a la red fluvial y por desechos de granjas. Además, los sistemas de producción agropecuaria también se han identificado como fuentes de contaminación no puntual para los cuerpos de agua superficial²⁴. Más dramática se presenta la situación ya que estos recursos hídricos contaminados de la región alteña están planeados para utilizarse en ciudades como Guadalajara en Jalisco o León en Guanajuato. Asimismo, en la región alteña se reportan problemas de sobreexplotación de acuíferos²⁵, acentuados por la extracción de aguas subterráneas profundas con alto contenido en fluoruros y en arsénico²⁶, con el consecuente efecto negativo en la salud de la población y la disminución del agua para el consumo humano.

Tabla 1. Inventario ganadero (2014) en número de cabezas

Especie pecuaria	Jalisco	Altos	Tepatitlán
Bovinos para leche	995.298	541.650	56.014
Bovinos para carne	2.413.874	630.763	103.300
Porcino	6.830.868	3.598.103	533.312
Aves para huevo	80.352.803	56.430.282	17.059.746
Aves para carne	22.042.833	10.259.502	2.341.942
Caprino	200.358	92.672	6.080

Fuente: Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, 2014.

El impacto del cambio climático sobre los recursos naturales y en particular en el agua ya ha mostrado efectos devastadores, modificando el patrón de la distribución de lluvias, que en 2003 provocó inundaciones en Tepatitlán, así como en el 2006 la pérdida de una amplia superficie de siembra en la región y, en general, en todo el estado de Jalisco. Algunos factores que se relacionan con la contaminación en estas regiones, entre otros, son los siguientes:

1. El exceso de nutrientes contenidos en los alimentos consumidos y las excretas.
2. La salida de nutrientes y sólidos suspendidos vía escurrimiento superficial.

3. Procesos fisicoquímicos del suelo asociados a los nutrientes de fósforo y nitrógeno.
4. El manejo de estiércoles y desechos orgánicos.
5. La erosión hídrica de las áreas de pastoreo.
6. El efecto residual a largo plazo de la aplicación constante de estiércoles.
7. La intensidad de pastoreo o sobrepastoreo.
8. La cercanía de los animales en pastoreo a las corrientes de agua.

La dramática perspectiva del agua en la región alteña de Jalisco hace impostergable la implementación de acciones para la conservación de los recursos naturales. Asimismo, según datos publicados por la CONAGUA (2008), de los 59 acuíferos identificados en el estado de Jalisco, ocho no tendrían disponibilidad al estar sobreexplotados: Atemajac, Toluquilla, Cajititlán, Poncitlán, Ocotlán, La Barca, Encarnación y Jesús María. Otros trece no tienen tampoco disponibilidad, según la condición de manejo del organismo, debido a que hasta el momento se han concesionado en el Registro Público de Derechos del Agua (REPD) todos los volúmenes de agua subterránea disponibles calculados en sus estudios: San Isidro, Huejotitlán, Cuquío, Arenal, Valle de Guadalupe, Jalostotitlán, La Huerta, Aguacate, Altos de Jalisco, Tepatitlán, Lagos de Moreno, Yahualica y Tomatlán. En la región Altos de Jalisco existen 11 acuíferos, de los cuales únicamente, Ojuelos, Primo Verdad, 20 de noviembre y El Muerto, cuentan con disponibilidad²⁷.

La ciudad de Tepatitlán de Morelos está ubicada a 80 kilómetros de Guadalajara (Mapa 1), manteniendo el segundo lugar en la jerarquía regional. Sin embargo, fue la que experimentó la tasa de crecimiento más elevada entre las que comparten la hegemonía alteña (San Juan de los Lagos y Lagos de Moreno). Posee una economía dinámica y diversificada en la que sobresale su vinculación con el sector primario situando al municipio en primer lugar estatal en la producción ganadera.

La hidrografía del municipio presenta las corrientes de los ríos Tepatitlán, Verde, Calderón y Los Arcos; además cuenta con los arroyos Laborcilla, Milpillas, Juanacasco, San Pablo, el Tecolote, Jesús María, Perón, Mezcala, Guayabo, La Vieja, El Jihuete y El Ocote (Mapa 2). Asimismo, existen las presas de Carretas, Jihuete, La Red, Calderón, La Vieja y El Pantano.

En 1983 el valor de su producción en ese sector representó el 11,4 % del total estatal, destacando el

²² Ramírez Silva, Restrepo y Viña, 1997.

²³ Secretaría del Medio Ambiente y Desarrollo Social, 2006.

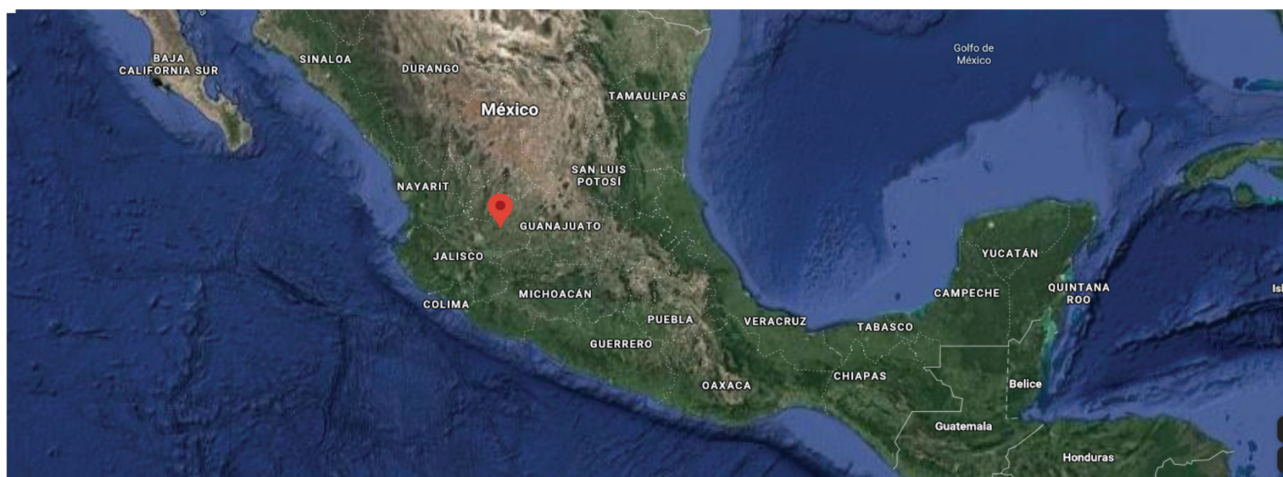
²⁴ Flores López et al., 2009.

²⁵ Comisión Nacional del Agua, 2006.

²⁶ Hurtado-Giménez y Gardea-Torresdey, 2005.

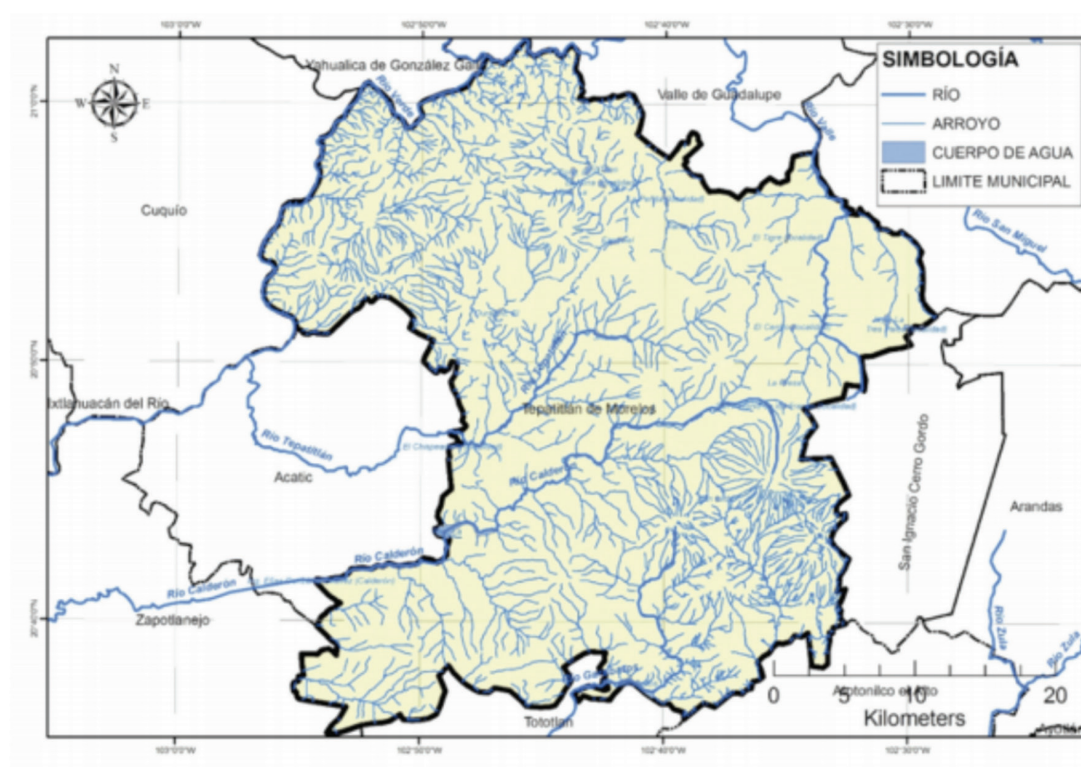
²⁷ Comisión Estatal del Agua-Jalisco, 2013.

Mapa 1. Localización del municipio de Tepatitlán de Morelos, Jalisco



Fuente: Google Maps, 2020²⁸.

Mapa 2. Hidrografía del municipio de Tepatitlán de Morelos, Jalisco



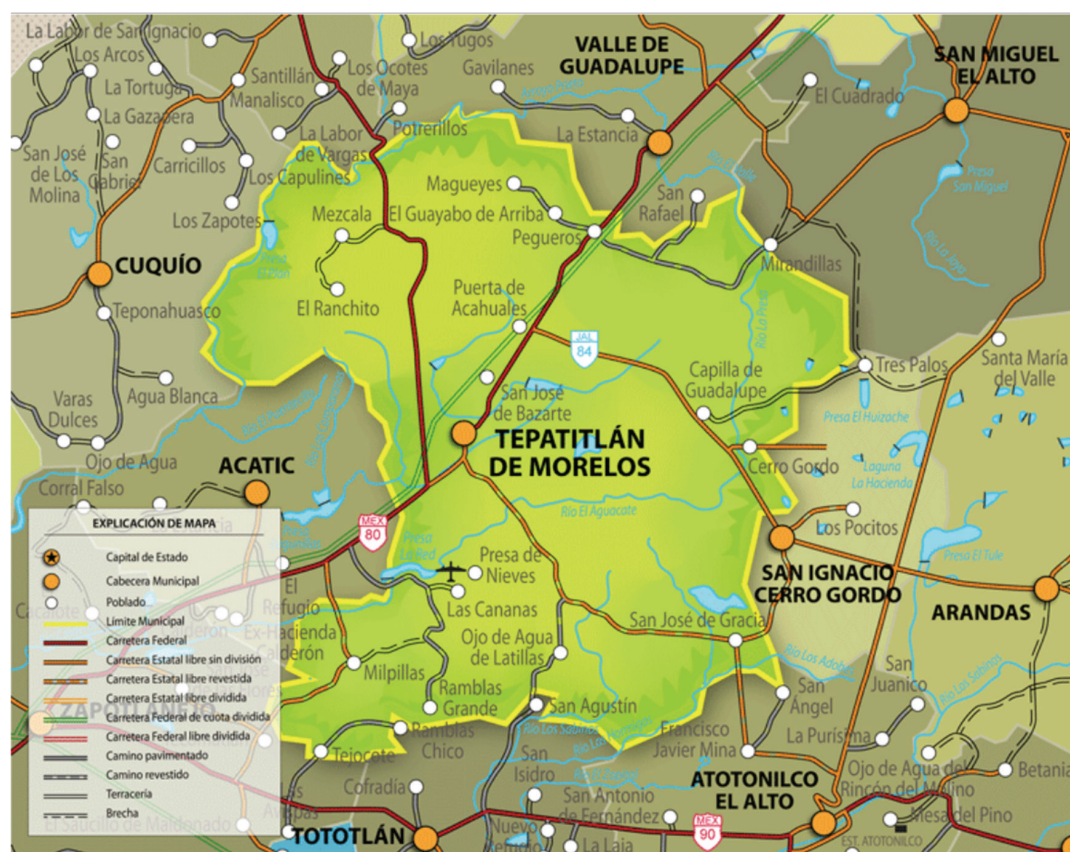
Fuente: Comisión Estatal del Agua-Jalisco, 2020.

aspecto avícola y, en menor proporción, el de carne y leche vacunos. Ha desarrollado también un sector secundario manufacturero en los ramos textil y fabricación de productos metálicos. Cuenta con un sector terciario que, por el número de establecimientos, ocupaba

en 1986 el primer lugar regional y el cuarto estatal. Ello demuestra que ejerce una influencia comercial y de servicios que aprovechan una serie de pequeñas poblaciones como Acatlic, Capilla de Guadalupe, San José de Gracia y Pegueros (Mapa 3). Al igual que a escala regional, la economía urbana se ve reactivada por las remesas que los emigrados en Estados Unidos envían a sus lugares de origen, lo cual no es exclusivo del municipio de Tepatitlán, pudiéndose generalizar para la región

28. <https://www.google.com/maps/place/Tepatitl%C3%A1n+de+Morelos,+Jalisco/@22.1170785,-95.5656268,2974198m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x-842927d6cd6fb1eb:0xc09f3194b644c3d7!8m2!3d20.8098057!4d-102.7652326?hl=es-419>. Consulta realizada el 23 de junio de 2020.

Mapa 3. Municipio de Tepatitlán con sus principales centros urbanos



Fuente: Conoce Jalisco (2020). https://conocejalisco.files.wordpress.com/2014/10/za_tepatitlan3a1n_g.gif. Consulta realizada el 12 de mayo de 2020.

centro-occidente de México. Pero en este caso nos encontramos con el municipio jalisciense que observa el saldo migratorio más elevado de todo el estado, exceptuando la Zona Metropolitana de Guadalajara, ello para el periodo 1970-1980.

Tepatitlán está siendo testigo de nuevas dinámicas económicas y, por tanto, de transformaciones intraurbanas e industriales que redibujan la estructura espacial de la ciudad y el municipio. Hasta 1970 se expande lentamente abarcando una superficie aproximada de 242 hectáreas (ha). Durante la primera mitad de los años setenta se incorporan 31 nuevas ha, constituyendo una primera fase de cambios, aunque con ritmos poco acelerados, predominando el valor de uso, es decir se produce vivienda para satisfacer una necesidad más que para comercializarla²⁹.

Conforme a la información del Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE) de INEGI, el municipio de Tepatitlán de Morelos cuenta con 8,308 unidades económicas al mes de abril de 2019 y su distribución por sectores revela un predominio de unidades

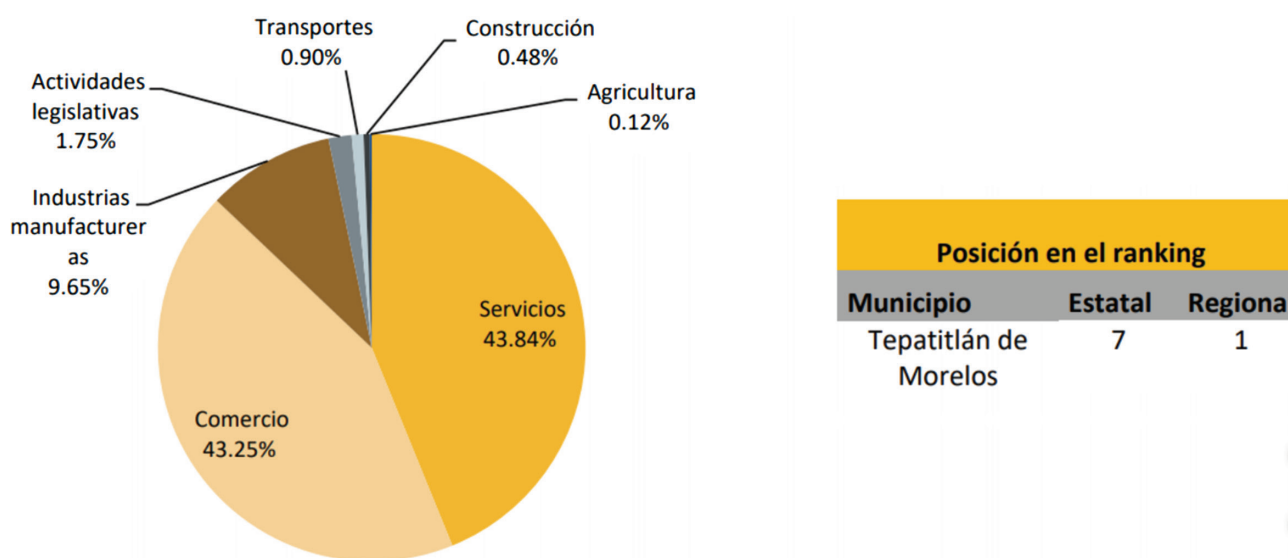
económicas dedicadas al comercio, siendo estas el 44,9 % del total de las empresas en el municipio. En número de empresas, Tepatitlán de Morelos, ocupa la séptima posición a nivel estatal y la primera a nivel regional (Gráfico 1).

Desde mediados de los setenta hay cambios que denotan la concurrencia de diversos factores dinamizadores de la producción de suelo y vivienda. La extensión construida suma unas 68 hectáreas entre 1976 y 1990, pero además irrumpen nuevos estilos de urbanización: fraccionamientos de promoción privada que modifican la estructura urbana filtrando nuevos contenidos simbólicos. Asimismo, empiezan a surgir espacios creados por autoconstrucción, algunos sin contar con servicios públicos mínimos y, durante 1990, se implanta el primer fraccionamiento de promoción oficial.

Esa amalgama de nuevas tipologías propicia que la diferenciación urbana haya brincado de escala; anteriormente se daba a nivel de casa y posteriormente a nivel de fraccionamientos. El crecimiento durante los últimos años ha tenido como común denominador la persistencia de un modelo disperso; por toda la periferia

²⁹. Comisión Nacional del Agua, 2009.

Gráfico 1. Composición de las unidades económicas (empresas) en el municipio de Tepatitlán de Morelos, Jalisco (2019)



Fuente: Instituto de Información Estadística y Geográfica de Jalisco, 2019.

han aflorado construcciones, muchas veces sin contar con accesos ni calles pavimentadas, reproduciendo escenas del estilo de vida rural. En cambio, hay fraccionamientos “modernos” que cuentan con infraestructura completa, aun antes de aparecer las construcciones lo que indica el cumplimiento de las disposiciones legales. Lo más revelador de las nuevas tendencias surge de la cuantificación y análisis de las solicitudes de dueños de terrenos que intentan introducirlos al mercado urbano.

Las principales etapas en el desarrollo cronológico de la administración del agua en el municipio de Tepatitlán son:

Primera: hasta la colonización española de la región, los actores son los miembros de la población indígena, siendo los principales suministros de agua los arroyos de la sub-cuenca y el río Tecpatitlán (agua rodada), utilizando sus aguas para uso y consumo humano y para la agricultura.

Segunda: periodo de colonización española (250 años), en el que se utilizaron las mismas fuentes de abastecimiento para una creciente población, creció la superficie destinada a la agricultura y se inició una incipiente actividad pecuaria.

Tercera: independentista y revolucionaria, donde prácticamente las mismas fuentes de abastecimiento -más algunos pozos artesanos (agua freática)- dieron servicio a una consistente población humana y a una mayor variedad de actividades agropecuarias formales.

Cuarta: proyección y construcción de la presa (agua superficial) para consumo humano exclusivo (población

de Tepatitlán), desarrollo de bordos y abrevaderos para uso principalmente pecuario, como motor de desarrollo regional. Los actores que administran el recurso hídrico son principalmente autoridades federales y estatales

Quinta: perforación de pozos profundos (agua subterránea), principalmente en la cabecera municipal y delegaciones, para uso y consumo humano, y en la sub-cuenca para apoyo estratégico de la actividad agropecuaria, así como en la industrialización de productos pecuarios. Comienza la descentralización en la administración del agua, teniendo los municipios mayor participación en la misma con la conformación del consejo de cuenca.

Sexta: contaminación de cuerpos de agua, sobreexplotación de acuíferos, erosión de terrenos y mayor demanda de los actores: centros de concentración humana, actividades agropecuarias e industriales (exportación de agua virtual). Consolidación del OPD como organismo operador que administra el agua potable, alcantarillado y saneamiento de las aguas residuales del municipio. Los antecedentes del Organismo Público Descentralizado para la administración del agua en el municipio de Tepatitlán se detallan a continuación: en 1950 el organismo operador era la Junta Federal de Agua Potable y Alcantarillado (JFAPyA), dependiente de la SRH, en 1962 se formaliza el patronato Pro-Agua Potable de Tepatitlán, que tenía como finalidad recabar fondos para las obras de infraestructura hidráulica necesarias para la distribución del agua potable. En este periodo la información se concentra en las oficinas centrales de la Secretaría de Recursos Hidráulicos

(SRH). Los recursos financieros generados sirven para la operación y administración local y se ejercen mediante un presupuesto anual autorizado por la SRH, posteriormente (1976) los aspectos de agua potable y alcantarillado quedan bajo control de la Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas (SAHOP). En 1984 se autoriza el cambio de denominación a la administración de los servicios de agua potable por “Junta Local de Agua Potable y Alcantarillado del Municipio de Tepatitlán” (JLAPyA), dependiente del gobierno estatal. En 1996 se autoriza que esta junta local sea autónoma en su manejo administrativo, llevando su propia contabilidad. Sin embargo, en 1999 se establece que los recursos que ingresen a la JLAPyA se manejen directamente por la tesorería municipal.

El organismo “Agua y Saneamiento del Municipio de Tepatitlán de Morelos Jalisco” (ASTEPA) se constituyó como Organismo Público Descentralizado (OPD) en el 2007. Tiene autonomía en la administración de sus recursos y el ejercicio del gasto público, para lo que anualmente se presenta el presupuesto para su aprobación ante el consejo directivo y el Ayuntamiento municipal. En este documento se estiman los ingresos ordinarios a obtener, así como las transferencias federales y el costo de las actividades, obras y servicios públicos previstos en los programas anuales a cargo de quienes ejercen el gasto público. Estos presupuestos son elaborados cada año, se fundan en costos y en los planteamientos presentados en el plan estatal de desarrollo sostenible, cuyo objetivo social es la prestación, administración, conservación y mejoramiento de los servicios de agua potable y alcantarillado.

El reglamento para la prestación de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento del Municipio de Tepatitlán de Morelos Jalisco (MTMJ) se formalizó en septiembre del 2014 en cumplimiento de lo establecido en el artículo 54 de la Ley de Agua para el Estado de Jalisco y sus Municipios (LAEJM) y en el artículo 37, fracción II; 40, fracción II y 42, fracción III, de la Ley del Gobierno y la Administración Pública municipal del estado de Jalisco, estipulando así mismo que para el cumplimiento de sus objetivos, el Organismo Operador (OO) tendrá las siguientes facultades y obligaciones: Planear, estudiar, proyectar, construir, aprobar, conservar, mantener, ampliar, rehabilitar, administrar y operar las obras y sistemas de agua potable, alcantarillado, tratamiento y disposición de aguas residuales, así como su reuso y recirculación, en los términos de las Leyes Estatales y Federales de la materia. Mejorar los sistemas de captación,

conducción, tratamiento de aguas residuales, reuso y recirculación de las aguas servidas, prevención y control de la contaminación de las aguas que se localicen dentro del municipio; vigilar todas las partes del OO en la distribución, el abastecimiento y las descargas para detectar cualquier irregularidad, la cual deberá ser corregida; si sus medios son insuficientes para ello, podrá solicitar el apoyo de la CONAGUA, la cual deberá hacerlo teniendo siempre en cuenta su suficiencia presupuestaria. Proporcionar los servicios de agua potable, alcantarillado, tratamiento y disposición de aguas residuales a los centros de población del Municipio. Administrar las cuotas y tarifas que de conformidad con las leyes se deriven de la prestación de los servicios públicos a su cargo. Prever las necesidades a futuro, tanto de la cabecera municipal como del resto de las localidades del municipio; agotando las posibilidades de exploración de nuevas fuentes de abastecimiento a distancias razonables, pudiendo contar, previa solicitud, con la asesoría y apoyo de la CONAGUA. Fijar los límites máximos permisibles de descarga de aguas residuales al sistema de alcantarillado sanitario y supervisar que se realice conforme a la normatividad aplicable y vigente, en coordinación con las autoridades competentes. Establecer sistemas de drenaje separados para la captación y conducción de aguas pluviales en desarrollos habitacionales. Promover la participación social de los usuarios de la sociedad organizada en general, en la realización de estudios de costos, inversiones, cuotas y tarifas. Publicar las cuotas y tarifas aprobadas por la comisión tarifaria, correspondientes a los servicios que opere y administre, en la gaceta municipal o en el periódico oficial del estado de Jalisco, a costa del propio organismo, antes del día 15 de diciembre del año inmediato anterior a su vigencia. Rendir el informe de la cuenta pública mensual a la hacienda municipal. Examinar y aprobar su presupuesto anual, los estados financieros, los balances y los informes generales y especiales que procedan. Prevenir y controlar la contaminación de las aguas que tenga asignadas para la prestación de los servicios, y de las aguas que se descarguen en los sistemas de drenaje y alcantarillado en los centros de población del municipio, cumpliendo con lo establecido en las Normas Oficiales Mexicanas (NOM). Ejecutar las obras necesarias, por sí o a través de terceros, para el tratamiento y reuso del agua y lodos residuales. Expedir la factibilidad para la dotación de los servicios a nuevas urbanizaciones, fraccionamientos y conjuntos habitacionales, industriales, comerciales y a todo

aquel que por las características particulares de su actividad lo solicite al OO. Formular y mantener actualizado el registro e inventario de las fuentes de abastecimiento, bienes, recursos, reservas hidrológicas y demás infraestructura hidráulica en el municipio. Promover y ejecutar programas de uso eficiente del agua y difundir una cultura del agua en todo el municipio, destinando un porcentaje anual de sus recursos para ello³⁰.

En México, los Indicadores de Gestión (IG) sirven para evaluar el comportamiento técnico, operativo, administrativo y financiero de los OO de los servicios de agua potable y alcantarillado. Algunos de los principales indicadores cuantitativos que se utilizan a nivel federal son: el porcentaje de cobertura de agua potable, el porcentaje de cobertura de alcantarillado, el porcentaje de cobertura de tratamiento, la dotación por habitante (litros por habitante al día), el porcentaje de cobertura de macromedición (por número de medidores), el porcentaje de la cobertura de micromedición, el porcentaje de eficiencia física, el porcentaje de eficiencia comercial, el porcentaje de eficiencia global y el índice laboral (empleados/1000 tomas)³¹. El desempeño (IG) de ASTEPA en el lapso de 2013 al 2105, y su comparativa al promedio nacional (2013), aparecen en la Tabla 2.

Los contrastes entre los periodos 2014 y 2015 pueden atribuirse a las siguientes posibles razones:

- Incremento de los fraccionamientos habitacionales irregulares en el municipio.
- Se recibió la planta tratadora de Capilla de Guadalupe (20 litros por segundo).

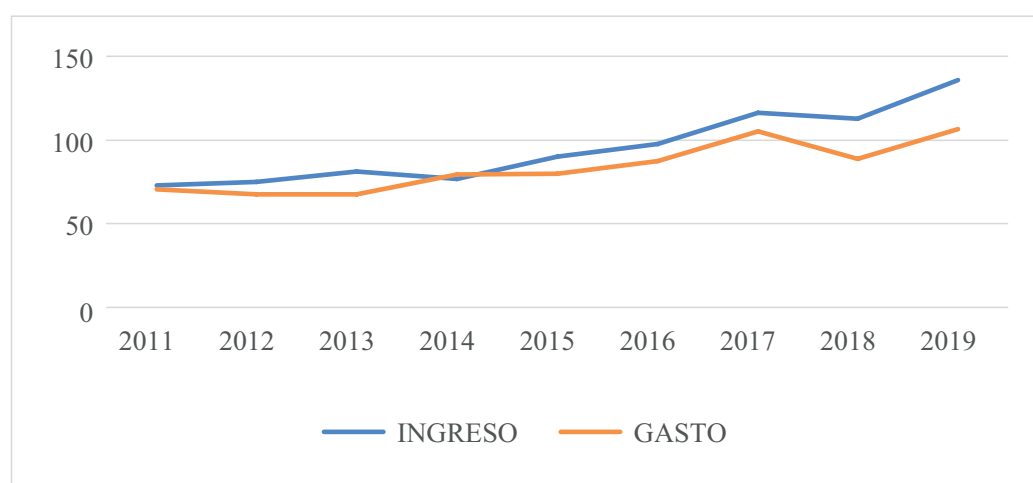
- Se ha actualizado el padrón de macro medidores, resultando una cantidad considerable de equipos fuera de funcionamiento y/o en mal estado.
- Interferencia por la actualización del padrón de macro medidores en las fuentes de captación.
- Como ya se mencionó, 2015 fue año electoral, con el consecuente cambio en la administración municipal y del organismo operador. Disminuyó el ritmo e intensidad de la sinergia de la cobranza (baja en la eficiencia comercial).
- La eficiencia global disminuyó por la misma causa que la eficiencia física y comercial.

De igual forma, los resultados financieros del organismo, es decir las cantidades de efectivo recaudadas y los gastos operativos realizados del año 2011 al 2019, se puede apreciar en el Gráfico 2.

Es relevante mencionar que, en el año 2014, se reubicó al municipio de Tepatitlán, colocándolo en un nivel de cotización más alto en la escala de concesionarios dentro del padrón de usuarios de la CONAGUA, lo que provocó un aumento sustancial en los pagos de derechos de aprovechamiento de los pozos, aunado a incrementos en los costos de la energía eléctrica y otros insumos que provocaron un gasto corriente mayor al ingreso presupuestado.

Tomando los fundamentos del MAG como de la GIRH, los principales procesos y etapas en la gestión del agua y el saneamiento encontradas en el periodo de estudio en el organismo ASTEPA se sintetizan en la Tabla 3.

Gráfico 2. Relación ingreso y gasto de ASTEPA en el periodo 2011-2019



Fuente: Elaboración propia con base en los datos publicados en estados financieros de ASTEPA, 2020.

³⁰. Gaceta Municipal de Tepatitlán, 2014.

³¹. Saavedra Horita, Rodríguez Varela y Hansen Rodríguez, 2016.

Tabla 2. Indicadores de Gestión de ASTEPA en los periodos de 2013, 2014 y 2015

Indicador	ASTEPA			Promedio Nacional* 2013
	2013	2014	2015	
Cobertura de agua potable (%)	97,3	98,5	97,61(a)	95,1
Cobertura de alcantarillado (%)	97,3	98,5	98,78	86,8
Cobertura de saneamiento (%)	40	40	58,07(b)	50,7
Cobertura de macromedición (%)	83,21	92,7	73,33(c)	87,6
Cobertura de micromedición (%)	95,2	98,1	98,67	54,2
Eficiencia física (%)	54,9	54,1	37,34(d)	57,9
Eficiencia comercial (%)	80,2	96,4	81,15(e)	72,7
Eficiencia global (%)	44,03	52,14	30,30(f)	45,7
Índice laboral (empleado/1000 tomas)	4,9	5,1	5,21	5,2

Fuente: ASTEPA, 2016.

Considerando que los actores estratégicos son aquellos con recursos de poder suficientes para impedir o perturbar el funcionamiento de las reglas o procedimientos de toma de decisiones y de solución de conflictos colectivos para la gestión de los recursos hídricos, para nuestra zona de estudio los actores estratégicos encontrados son:

1. Consejo de la Cuenca del río Santiago: Las acciones de la COCURS se plantean en el Programa Hídrico Visión 2030 del estado de Jalisco, acorde con el Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018 del gobierno de la república, especificadas concretamente en el Programa Nacional Hídrico 2014-2018.
2. Comisión Estatal del Agua de Jalisco: Es un organismo público descentralizado del gobierno del estado (CEA-Jal), con personalidad jurídica y patrimonio propios. Junto con la CONAGUA apoya al proyecto del “Acueducto de El Salto-Tepatitlán” para dotar de agua a la cabecera municipal de Tepatitlán (300 l/s).
3. Comisión Estatal de los Derechos Humanos (Jalisco): Es un organismo autónomo para la participación ciudadana (CEDHJ) que propone una continua reflexión ética a los servidores públicos y a los ciudadanos a favor de la promoción y defensa de los derechos humanos. En la microcuenca ha atendido denuncias ciudadanas por descargas de aguas residuales y desechos industriales en arroyos y ríos.
4. Secretaría de Salud Jalisco: Es un organismo público descentralizado encargado de conducir el “Sistema de salud en el estado” (SSJ) a través de coordinar los programas de promoción y prevención, fomento y regulación sanitaria y servicios de salud a la persona, con la plena participación de la sociedad.

Desarrolla acciones como muestreo, análisis y evaluación de riesgos sanitarios en descargas de agua residuales y fuentes de agua potable en la zona de estudio.

5. H. Ayuntamiento Tepatitlán de Morelos: Participa y representa los derechos y responsabilidades de los pobladores del municipio a nivel estatal y federal, es la primera instancia para abordar la problemática de contaminación y manejo local de los recursos hídricos en la microcuenca.
6. Agua y Saneamiento de Tepatitlán: Organismo público descentralizado del Ayuntamiento de Tepatitlán (ASTEPA), que administra los servicios de agua potable, alcantarillado, saneamiento y disposición final del agua en el municipio de Tepatitlán. Tiene bajo su responsabilidad la operación del sistema de la presa del Jihuite y la planta potabilizadora, con el cual se cubre el 25 % de la demanda de agua potable en la cabecera municipal. Junto a la CONAGUA desarrollan el proyecto del “Acueducto de El Salto-Tepatitlán”. Implementa y desarrolla programas sobre cultura del agua.
7. Dirección de Ecología del Ayuntamiento de Tepatitlán: Dependencia del gobierno municipal de Tepatitlán (DEAT), atiende denuncias sobre descargas de residuos y aguas residuales en los cuerpos de agua de la microcuenca. Condiciona la licencia municipal para empresas y establecimientos comerciales.
8. Centro Universitario de Los Altos: Es un centro regional de la Universidad de Guadalajara, ubicado en el Municipio de Tepatitlán (CUAltos). Ha participado activamente en la organización de diferentes foros para el análisis de la problemática del agua en la

Tabla 3. Principales procesos de gobernanza del agua en el municipio de Tepatitlán, Jalisco, (ASTEPA)

Procesos/Etapas	Descripción
Problema	Asegurar la sustentabilidad del agua en cantidad y calidad.
Actores estratégicos	8 actores con baja coordinación entre ellos. Polarizados en dos grupos: 1) los que apoyan proyectos de conservación y 2) los que explotan los recursos para la producción de alimentos.
Puntos nodales	Cinco con baja participación de todos los actores.
Normas	Con errores en su aplicación a nivel estatal y municipal.
Participación social	Limitada en algunos puntos nodales (a nivel local y municipal) y ausente en otros sobre todo a nivel estatal y federal.
Cultura del agua	Existen principios y estrategias básicas sobre todo enfocadas a la niñez.
Modelo MAG	Se observan algunos elementos, falta su implementación formal.

Fuente: Elaboración propia con base a los resultados de investigación.

región, dispone del cuerpo académico UDG-CA-561 “Gestión Integral del Agua” y del “Laboratorio para análisis de aguas”, que prestan servicios para el estudio paramétrico de diferentes tipos de aguas, así como asesoría técnica en la región.

Por otra parte, se realizaron entrevistas personales con actores estratégicos detectados en la gestión de los recursos hídricos del municipio de Tepatitlán, los cuales se presentan en la Tabla 4.

De igual forma se aplicaron encuestas a una muestra representativa de los usuarios del sistema de administración del agua del municipio para conocer sus percepciones en el manejo del agua y el saneamiento, encontrando preocupación principalmente en la calidad y seguridad en las fuentes de abastecimiento, tanto superficiales como subterráneas. Los puntos nodales (espacios de gestión) encontrados aparecen en la Tabla 5.

Con referencia a la participación social dentro del consejo directivo de ASTEPA, es decir miembros con voz y voto que no pertenezcan a ningún nivel de gobierno, esta ha fluctuado de entre el 18 al 22 %. Existen propuestas para que este porcentaje se incremente, ya sea permitiendo la participación de más representantes de la sociedad organizada, o bien reduciendo la representación gubernamental. En síntesis, es posible detectar elementos (procesos/etapas) del modelo MAG principalmente, en el OO. Sin embargo, se requiere su integración completa e implementación formal, ya que se evidencia la interacción de diversos actores (formales e informales, públicos y privados, directos e indirectos), así como de algunas organizaciones sociales y empresariales, ya clasificados y dimensionados según su poder de influencia, en los procesos de toma de decisiones referentes a la sustentabilidad del agua en la zona de estudio.

En cuanto a la adecuada aplicación de las facultades y el cumplimiento socioambiental de las obligaciones del OO fue posible destacar los siguientes avances y limitaciones, complementando el trabajo en campo mediante la aplicación y el análisis de entrevistas estructuradas aplicadas a todos los actores involucrados en el manejo del agua en la zona de estudio para identificar los siguientes aspectos:

- Representación y participación social en la conformación del consejo directivo del organismo operador a nivel municipal.
- Comités vecinales organizados en las comunidades de la microcuenca para la administración del agua subterránea.
- Programas y espacios para el fomento de la cultura del agua en operación (municipal).
- Se dispone de instituciones de investigación realizando proyectos sobre la problemática del agua en la microcuenca.
- Marco legislativo definido y en proceso de actualización.
- Relevo constante y periódico de directivos y funcionarios. Esto perjudica a los procesos de coordinación interinstitucional. La rotación laboral de funcionarios por motivos políticos dificulta la continuidad de los proyectos y, por ende, la realización de acciones que garanticen una gestión local adecuada de los recursos por las instituciones.
- Pocos espacios de gestión (puntos nodales) donde se analicen formalmente los problemas del agua en la zona de estudio.
- Limitada participación social en la toma de decisiones, en referencia a la administración de los recursos hídricos

Tabla 4. Principales actores entrevistados sobre la gestión de los recursos hídricos en el municipio de Tepatitlán, Jalisco

Clave	Nombre	Cargo	Dependencia
GA-01	Héctor H. Bravo Hernández	Presidente municipal	H. Ayuntamiento de Tepatitlán de Morelos, Jalisco.
GA-02	Francisco Vázquez Zárate	Director General	ASTEPA
GA-03	Jorge López L.	Representante	CONAGUA
GA-04	Raúl Pérez D.	Representante	UNETEPA A.C.
GA-05	Luis Samuel Pérez Cerda	Gerente operativo	COCURS
GA-06	Gerardo Ortos M.	Representante	SEMARNAT
GA-07	Saúl Rodríguez C.	Representante	CEA, Jalisco.
GA-08	Antonio González L.	Representante	Asociación de pescadores de la presa del Jihuite.
GA-09	Hugo E. Flores López	Investigador	INIFAP campo experimental Centro Occidente.
GA-10	René A. Ramos Villarreal	Director	Dirección de ecología, Ayuntamiento de Tepatitlán.
GA-11	Francisco J. González R.	Director General	Premezclas y vitaminas Tepatitlán.
GA-12	Cándido González Pérez	Investigador	CUAItos (Universidad de Guadalajara)
GA-13	Manuel Gutiérrez T.	Representante	Inulina y Miel de agave S.A. de C.V.
GA-14	José L. Castellanos A.	Representante	Asociación de Avicultores de Tepatitlán.
GA-15	Héctor R. Panduro Rendón	Representante	SEMADET
GA-16	Oscar Franco G.	Representante	Destiladora la Barranca S.A. de C.V.
GA-17	Luis Martínez L.	Representante	Organización Internacional de Derechos Humanos.
GA-18	Erika Maciel E.	Representante	Procuraduría Federal de Protección al Ambiente.
GA-19	Juan Hernández G.	Representante	Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.
GA-20	Luis Gómez F.	Representante	Secretaría de Salud, Jalisco.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5. Principales puntos nodales en la administración del agua en el municipio de Tepatitlán, Jalisco

Punto Nodal	Descripción	Clasificación	Institución	Nivel
1	COCURS	Formal	CONAGUA	Nacional
2	SEMADET	Formal	Gobierno del estado de Jalisco	Regional
3	ASTEPA	Formal	Ayuntamiento Municipal	Municipal
4	CUAItos	Formal	Universidad de Guadalajara	Regional
5	INIFAP	Formal	SAGARPA	Regional

Fuente: Elaboración propia.

- Aplicación sistemática de subsidios a las tarifas del agua, sobre todo en la cabecera municipal, afectando la economía del organismo operador.
- Existe una limitante para la realización de proyectos conjuntos en el manejo eficiente del agua, relacionada con la problemática del agua por actividades agrícolas.

Por todo ello los principales puntos de intervención encontrados son:

- Gestionar e implementar programas para la capacitación permanente y constante, tanto de los comités vecinales, como de los funcionarios de nuevo ingreso en el organismo operador.
- Instauración de mecanismos y estrategias efectivas para fomentar la participación social, tanto en la toma de decisiones en los comités vecinales, como en el consejo directivo del organismo operador, lo que les dará mayor transparencia en el manejo de recursos y acceso a apoyos estatales y federales.

- Revisión y actualización consensuada de la normatividad vigente, así como adecuación a los reglamentos para su aplicación en los diferentes contextos regionales del país. Asimismo, diferentes leyes coinciden en los mismos temas, se articulan parcialmente a nivel de entidad federativa. Sin embargo, sus reglamentos no son precisos a nivel local. En otros términos, los reglamentos municipales no contemplan normativamente el fomento creciente y constante de la participación social para la consolidación de los Consejos Locales del Agua en las subcuencas hídricas, así y como lo estipula LAEJM.

La situación de los procesos de gobernanza del agua en el municipio de Tepatitlán (microcuenca) se puede explicar mediante el Gráfico 3, que se desarrolló a partir del modelo MAG e información recabada tanto en el OO, como en trabajo de campo (entrevistas y encuestas). Los rectángulos coloreados (azules) representan los componentes de la gobernanza (problematización, actores, puntos nodales, normas, participación social y cultura del agua) existentes en los diferentes niveles jurisdiccionales (internacional, nacional, estatal y municipal) mientras que los rectángulos vacíos (incolores) indican la inexistencia de elementos o procesos de gobernanza incompletos.

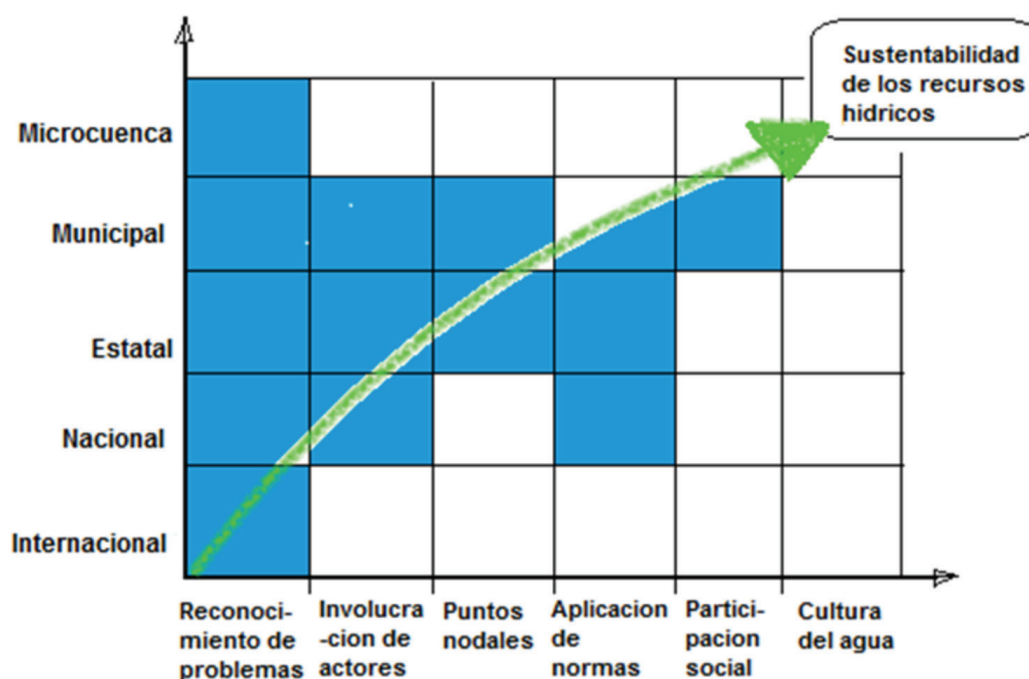
De la misma forma, se resalta la ausencia de la mayoría de los procesos básicos de gobernanza a nivel de la microcuenca, así como una deficiente cultura del agua en todos los niveles jurisdiccionales. Además, se hace patente la necesidad de una mayor participación social a nivel nacional, estatal y municipal, así como una efectiva aplicación de la normatividad vigente.

Conclusiones

La tendencia actual para organismos operadores de los servicios de administración del agua potable y el saneamiento en muchas regiones de México, incluyendo Los Altos del estado de Jalisco, continúa en la descentralización-privatización. Sin embargo, existe cierta propensión en algunos estados de la república por las políticas que favorecen la estatización en el manejo estratégico del agua. En Jalisco esta tendencia es propiciada por la eventual conformación de la Zona Metropolitana, que integra a los municipios de Tepatitlán, Arandas, San Ignacio Cerro Gordo y San Miguel el Alto, con una población total en torno a los 245.000 habitantes.

En el caso particular del municipio de Tepatitlán, gran parte del agua superficial que se genera no es para el consumo del mismo municipio. Solo dos presas

Gráfico 3. Diagnóstico sincrónico (transversal) de la gobernanza del agua a diferentes niveles jurisdiccionales en el municipio de Tepatitlán, Jalisco



Fuente: Elaboración propia con datos de investigación.

(Jihuite y Carretas) son para consumo de la cabecera municipal, siendo las de mayor importancia (La Red y Calderón) de uso exclusivo para la zona metropolitana de Guadalajara (transvase hídrico), por lo que para satisfacer las necesidades actuales y futuras se están desarrollando proyectos para traer agua de otras regiones (presa El Salto en Valle de Guadalupe, Jalisco).

En términos generales, la evolución de la administración del agua en el municipio de Tepatitlán presenta principalmente modelos centralistas con fuerte presencia del gobierno federal y estatal hasta finales del siglo pasado. En la actualidad se percibe cierto grado de descentralización, con cierta transparencia en el manejo de los recursos y participación social, que se refleja en los resultados de los indicadores de gestión de ASTEPA, así como avances en el fomento de la cultura del agua y progresos en la recuperación de impuestos federales (Impuesto al Valor Agregado) y de cartera vencida.

No obstante, queda mucho trabajo por delante, sobre todo en áreas como la supresión y control de fugas de agua (micro y macro), la ampliación y optimización de los tratamientos y reúsos de aguas (potabilización y saneamiento), programas para la recarga artificial del acuífero, la apertura de más espacios para la participación ciudadana y una mayor transparencia en el manejo de recursos, entre otros.

De igual forma se evidenció que los comités vecinales para la administración de los servicios de agua en las comunidades rurales del municipio de Tepatitlán, presentan esquemas organizacionales sencillos y eficientes, ya que los usuarios de las comunidades cuentan con acceso a información directa y expedita en relación con la gestión y manejo de los sistemas de abasto. Predomina la participación social y la democracia local, operando estos comités con mínima burocracia, algo que favorece la cohesión social comunitaria.

En síntesis, desde los elementos fundamentales del Marco Analítico de la Gobernanza, donde los procesos sociales a nivel local son de gran relevancia para la administración sustentable de los recursos naturales, como el agua, en la zona de estudio del presente trabajo se detectan actores estratégicos, algunos espacios de gestión y, muy evidentemente, controversias entre la aplicación equitativa de la normatividad oficial vigente, con una incipiente pero limitada participación social en la toma de decisiones. Asimismo, existe la factibilidad técnica y legal para la instalación de dispositivos y mecanismos de la gestión del pago por servicios ambientales en zonas de recarga hídrica, por daño ambiental y por

contingencia ambiental provocada por terceros. Dichos recursos deberían de utilizarse en planes de mitigación de la contaminación, recuperación de cuerpos de agua de la microcuenca y el fomento de la cultura del agua.

Es recomendable para el OPD ASTEPA ampliar la participación de la sociedad organizada en su consejo de administración, mejorando la priorización de obras (fortalecimiento del saneamiento de aguas residuales y su reuso, por ejemplo) y la transparencia en el manejo de los recursos, así como proporcionar soporte jurídico y técnico a los comités vecinales de las localidades rurales del municipio para su consolidación y adecuada operación.

BIBLIOGRAFÍA

- Abedrop López, S. y Reyes Morales, R.** 2008: "La regulación de los servicios de agua potable en México. Condiciones para su viabilidad", en Olivares, R. y Sandoval, R. (coords.): *El agua potable en México: historia reciente, actores, procesos y propuestas*. México, Asociación Nacional de Empresas de Agua y Saneamiento de México (ANEAS), 317-326. <https://aneas.com.mx/wp-content/uploads/2020/03/EL-AGUA-POTABLE-EN-MEXICO-1.pdf>
- Agua y Saneamiento de Tepatitlán, ASTEPA.** 2020: *Informes financieros*. https://issuu.com/mapsicesme/docs/estudios_del_agua_en_tepa. Consulta realizada el 15 de marzo de 2020.
- Agua y Saneamiento de Tepatitlán, ASTEPA.** 2016: *Indicadores de Gestión. Informe de resultados 2016*. México, Ayuntamiento del Municipio de Tepatitlán.
- Barkin, D.** 2011: "The Governance Crisis in Urban Water Management in Mexico", en Oswald Spring, U. (ed.): *Water resources in Mexico: scarcity, degradation, stress, conflicts, management, and policy*. Heidelberg-Berlin (Alemania), Springer-Verlag, 379-393. <https://doi.org/10.35197/rx.09.02.e.2013.12.as>
- Castelán, E.** 2001: *Los Consejos de Cuenca en México*. México, Centro del Tercer Mundo para el Manejo del Agua A. C. https://www.uv.mx/oabcc/files/2018/11/23_Consejos-de-Cuenca-en-Mexico.pdf. Consulta realizada el 30 de septiembre de 2019.
- Centro para el Agua y el Medio Ambiente. UNESCO.** 2009: *Integrated Water Resources Management in Action*. WWAP, DHI Water Policy, PNUMA-DHI. <https://www.gwp.org/globalassets/global/toolbox/references/iwrm-in-action-unesco-wwap-unesep-dhi-2009.pdf>
- Comisión Estatal del Agua-Jalisco, CEA-Jalisco.** 2020: *Ficha Técnica Hidrológica Municipal. Tepatitlán de Morelos*. https://www.ceajalisco.gob.mx/doc/fichas_hidrologicas/region6/tepatitlan%20de%20morelos.pdf. Consulta realizada el 23 de junio de 2020.

- Comisión Estatal del Agua-Jalisco, CEA-Jalisco.** 2013: *Datos y Estadísticas por Cuenca Hidrológica*. https://www.ceajalisco.gob.mx/contenido/cuencas_prioritarias/ Consulta realizada el 24 de octubre de 2019.
- Comisión Nacional del Agua. CNA.** 2006: *Estadísticas del agua en México, Sistema Nacional de Información sobre cantidad, calidad, usos y conservación del agua (SINA)*. México. Capítulo 5. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/259368/_2006_EAM2006.pdf
- Comisión Nacional del Agua.** 2009: *Programa Hídrico Visión 2030 del Estado de Jalisco*. Ciudad de México, Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. <https://transparencia.info.jalisco.gob.mx/sites/default/files/Programa%20H%C3%ADrico%20Visi%C3%B3n%202030%20del%20Estado%20de%20Jalisco.pdf>. Consulta realizada el 15 de marzo de 2020.
- Comisión Nacional del Agua. CONAGUA.** 2014: *Estadísticas del agua en México*. México. <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/EAM2014.pdf>
- Comisión de Planeación para el Desarrollo del Estado de Jalisco. COPLADE.** 2004: *Agenda para el desarrollo regional: Región 03 Altos-Sur*. <http://capturportal.jalisco.gob.mx/wps/wcm/connect/a81520804dbe31289df1fd5160bedb77/03+Agenda+Regional.pdf?MOD=AJPERES&CACHEID=a81520804dbe31289df1fd5160bedb77>. Consulta realizada el 24 de octubre de 2019.
- Consejo Nacional de Población. CONAPO.** 2015: *Estimaciones de población Jalisco*. http://www.conapo.gob.mx/work/models/CONAPO/Cuadernillos/14_Jalisco/14_JAL.pdf. Consulta realizada el 12 de agosto de 2019.
- Cotler, H. (comp.)** 2007: *El manejo integral de cuencas en México. Estudios y reflexiones para orientar la política ambiental*. México, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales e Instituto Nacional de Ecología. <https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2008/06/El-Manejo-Integral-de-Cuencas-en-Mexico-segunda-edici%C3%B3n.pdf>
- Chávez Zárate, G.** 2007: "Del gobierno a la gobernabilidad de los recursos hídricos en México", en Cotler, H. (comp.): *El manejo integral de cuencas en México. Estudios y reflexiones para orientar la política ambiental*. México, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales e Instituto Nacional de Ecología, 185-193. <https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2008/06/El-Manejo-Integral-de-Cuencas-en-Mexico-segunda-edici%C3%B3n.pdf>
- Dourojeanni, A. C.** 2007: "Si sabemos tanto sobre qué hacer en materia de gestión integrada del agua y cuencas ¿por qué no lo podemos hacer?", en Cotler, H. (comp.): *El manejo integral de cuencas en México: estudios y reflexiones para orientar la política ambiental*. México, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales e Instituto Nacional de Ecología, 149-183. <https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2008/06/El-Manejo-Integral-de-Cuencas-en-Mexico-segunda-edici%C3%B3n.pdf>
- Flores López, H. E., Carrillo González, R., Francisco Nicolás, N., Hidalgo Moreno, C., Ruiz Corral, J. A., Casteñeda Villanueva, A. A. y Velasco Nuño, R.** 2009: "Aportes de nitrógeno y fósforo de tres sistemas agrícolas de la cuenca hidrográfica 'El Jihuite', en Jalisco, México", *Agrociencia*, 43, 659-669. <https://agrociencia-colpos.mx/index.php/agrociencia/article/view/751/751>
- Gaceta Municipal de Tepatitlán.** 2014: *Reglamento para la Prestación de los Servicios de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento del Municipio de Tepatitlán de Morelos, Jalisco*. Época 4, año II, número 33. <https://www.tepatitlan.gob.mx/transparencia/gaceta/documentos/2012-2015/33.pdf>
- 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. <https://doi.org/10.17561/at.14.4639>
- Global Water Partnership, GWP.** 2003: *Agua y pobreza. Informe de avance sobre la iniciativa regional para América Latina y el Caribe*. <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Agua-y-pobreza-Informe-de-avance-sobre-la-iniciativa-regional-para-Am%C3%A9rica-Latina-y-el-Caribe.pdf>. Consulta realizada el 12 de noviembre de 2019.
- Guillén González, J., Lomelí Villanueva, R. y González Casillas, A.** 2016: *Organización de usuarios en las unidades de riego en México*. Jiutepec (México), Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Coordinación de Riego y Drenaje SEMARNAT. https://www.imta.gob.mx/biblioteca/libros_html/riego-drenaje/organizacion-de-usuarios.pdf
- Hernández García, A. y Sandoval Moreno, A.** 2018: "Regionalización y cambios territoriales en las Ciénegas de Jalisco-Michoacán, México (1990-2015)", *Agua y Territorio*, 12, 49-58. <https://doi.org/10.17561/at.12.4068>
- Hufty, M.** 2008: "Una propuesta para concretar el concepto de gobernanza: el marco analítico de la gobernanza", en Mazurek, H. (ed.): *Gobernabilidad y gobernanza de los territorios de América Latina*. La Paz (Bolivia), IFEA, IRD, Universidad Mayor de San Simón, 77-100. https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers13-03/010048116.pdf
- Hurtado-Jiménez, R. y Gardea-Torresdey, J.** 2005: "Estimación de la exposición a fluoruros en Los Altos de Jalisco, México", *Salud Pública de México*, 47 (1), 58-63. <https://doi.org/10.35197/rx.09.02.e.2013.12.as>
- Instituto de Información Estadística y Geográfica de Jalisco IIEG-Jal,** 2019: *Tepatitlán de Morelos. Diagnóstico del municipio, marzo 2019*. <https://iieg.gob.mx/ns/wp-content/uploads/2019/06/Tepatitl%C3%A1n-de-Morelos.pdf>. Consulta realizada el 23 de junio de 2020.

- Instituto Nacional de Estadísticas y Geografía, INEGI.** 2012: *Conteos de población por entidad*. <https://www.inegi.org.mx/temas/estructura/>. Consulta realizada el 22 de octubre de 2019.
- Murillo-Licea, D.** 2019: "Territorialidades indígenas y agua, más allá de las cuencas hidrográficas", *Agua y Territorio*, 14, 33-44. <https://doi.org/10.17561/at.14.4509>
- ONU-Agua.** 2008: *Status Report on Integrated Water Resources Management and Water Efficiency Plans*. <https://www.unwater.org/publications/status-report-integrated-water-resource-management-water-efficiency-plans-csd-16/>
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO).** 1980: *Red Latinoamericana de Cooperación Técnica en Manejo de Cuencas Hidrográficas (REDLACH)*. <http://www.fao.org/forestry/18514-0a56737f03cfbeb4bbeae-8f16c111ccf.pdf>. Consulta realizada el 14 de agosto de 2019.
- Ostrom, E.** 1990: *Governing the Commons. The Evolution of Institutions for Collective Action*. Londres (Reino Unido), Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511807763>
- Ramírez Silva, A. B., Restrepo, R. y Viña, G.** 1997: "Cuatro índices de contaminación para caracterización de aguas continentales. Formulación y aplicación", *Ciencia, Tecnología y Futuro*, 1 (3), 135-153. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5587866>
- Rogers, P.** 2002: *Water Governance in Latin America and the Caribbean*. Fortaleza (Brasil), BID. <https://publications.iadb.org/en/publication/11034/water-governance-latin-america-and-caribbean>
- Saavedra Horita, J. R., Rodríguez Varela, J. M. y Hansen Rodríguez, M. P.** 2016: *Indicadores de Gestión Prioritarios en Organismos Operadores. Informe final HC1617.1*. México, Sub-coordinación de Hidráulica Urbana, Coordinación de Hidráulica, CONAGUA-IMTA. <https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2017/11/Indicadores-de-gesti%C3%B3n-prioritarios-en-Organismos-Operadores.pdf> Consulta realizada el 16 de marzo de 2020.
- Sandoval-Moreno, A. y Günther, M.** 2013: "La gestión comunitaria del agua en México y Ecuador: otros acercamientos a la sustentabilidad", *Ra Ximhai*, 9 (2), 165-179. <https://doi.org/10.35197/rx.09.02.e.2013.12.as>
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, SAGARPA.** 2014: *Inventario ganadero*. <http://www.oedrus-jalisco.gob.mx/ganaderia/inventario/>. Consulta realizada el 22 de agosto de 2019.
- Secretaría del Medio Ambiente y Desarrollo Social (SEMADES).** 2006: *Sistema de información territorial*. <http://semadet.jalisco.gob.mx/desarrollo-territorial/sistema-de-informacion-territorial>. Consulta realizada el 22 de agosto de 2019.
- Vuelvas Cisneros, M. A.** 2016: *Las unidades de riego para el desarrollo rural*. México, Honorable Cámara de Diputados LXIII Legislatura / Congreso de la Unión. Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria. Subdirección de Difusión Editorial. http://www.cedrssa.gob.mx/files/b/8/82Unidades_riego_desarrollo_rural.pdf.



La población en riesgo y la calidad del agua al sur de la Zona Metropolitana de Guadalajara (Jalisco, México)

The population at risk and the quality of the water in the south of the Guadalajara Metropolitan Area (Jalisco, México)

Enrique Castillo-Figueroa

Universidad de Guadalajara

Guadalajara, México

enrisland@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0001-5154-070X>

Información del artículo:

Recibido: 5 mayo 2020

Revisado: 19 julio 2020

Aceptado: 25 julio 2020

ISSN 2340-8472

ISSNe 2340-7743

DOI 10.17561/AT.17.5469

 CC-BY-SA

© Universidad de Jaén (España).

Seminario Permanente Agua, Territorio y Medio Ambiente (CSIC)

RESUMEN

El presente artículo muestra la problemática ambiental al sur de la Zona Metropolitana de Guadalajara, en el Estado de Jalisco, México. El objetivo es conocer las afectaciones ambientales en que se encuentran los habitantes de este territorio. Se realizó una revisión bibliográfica y hemerográfica de los distintos estudios de calidad de agua superficial, efectuados por parte de autoridades estatales, universidades y organizaciones no gubernamentales, enfocados al arroyo y presa El Ahogado. Además, se hizo una proyección socio espacial de los habitantes que están expuestos a los contaminantes en el agua superficial: bario, cromo, hierro, mercurio y zinc. El Estado ha tenido conocimiento de la degradación ambiental desde hace 40 años. Esto nos habla de una re-victimización del espacio socioambiental: la industria no ha sido sancionada, el crecimiento urbano es desordenado y las exigencias de la población en materia de salud no han sido atendidas.

PALABRAS CLAVE: Riesgo, Degradación ambiental, Metales pesados, Agua, Industria.

ABSTRACT

This article deals with the environmental issues south of the Guadalajara Metropolitan Area, in the State of Jalisco, Mexico. Its objective is to foster awareness of the environmental impact facing the inhabitants of this geographical area. A review of books, articles and official reports of the various surface water quality studies done by state authorities, universities and non-governmental organizations was carried out, focused on the El Ahogado creek and dam. In addition, we undertake a socio-spatial projection of the inhabitants which are exposed to contaminants found in surface water: barium, chromium, iron, mercury and zinc. The State has been aware of the environmental degradation for 40 years. This speaks to the re-victimization of the socio-environmental space where the water industry has not been sanctioned, urban sprawl is unregulated and the demands of the population in terms of health have not been met.

KEYWORDS: Risk, Environmental degradation, Heavy metals, Water, Industry.

População em risco e qualidade da água no sul da Área Metropolitana de Guadalajara (Jalisco, México)

SUMÁRIO

Este artigo mostra os problemas ambientais no sul da Área Metropolitana de Guadalajara, no Estado de Jalisco, México. O objetivo é conhecer as afetações ambientais em que se encontram os habitantes deste território. Foi feita uma revisão bibliográfica e jornalística dos diferentes estudos de qualidade das águas superficiais realizados por autoridades estatais, universidades e organizações não governamentais, com foco no riacho e na barragem de El Ahogado. Além disso, foi feita uma projeção sócio-espacial dos habitantes que estão expostos a contaminantes na água superficial: bário, cromo, ferro, mercúrio e zinco. O Estado está consciente da degradação ambiental há 40 anos. Isto nos fala de uma revalorização do espaço socioambiental: a indústria não foi sancionada, o crescimento urbano é desordenado e as demandas de saúde da população não foram atendidas.

PALAVRAS-CHAVE: Risco, Degradação ambiental, Metais pesados, Água, Indústria.

Population à risque et qualité de l'eau dans le sud de la région métropolitaine de Guadalajara (Jalisco, Mexique)

RÉSUMÉ

Cet article montre les problèmes environnementaux dans le sud de la zone métropolitaine de Guadalajara, dans l'État de Jalisco, au Mexique. L'objectif est de connaître les affections environnementales dans lesquelles se trouvent les habitants de ce territoire. Une revue bibliographique et journalistique a été faite des différentes études sur la qualité des eaux de surface réalisées par les autorités de l'État, les universités et les organisations non gouvernementales, en se concentrant sur le ruisseau et le barrage d'El Ahogado. En outre, une projection socio-spatiale a été réalisée sur les habitants qui sont exposés aux contaminants des eaux de surface : baryum, chrome, fer, mercure et zinc. L'État est conscient de la dégradation de l'environnement depuis 40 ans. Cela nous parle d'une re-victimisation de l'espace socio-environnemental : l'industrie n'a pas été sanctionnée, la croissance urbaine est désordonnée et les demandes de santé de la population n'ont pas été satisfaites.

MOTS-CLÉS: Risque, Dégradation de l'environnement, Métaux lourds, Eau, Industrie.

Popolazione a rischio e qualità dell'acqua nel sud dell'area metropolitana di Guadalajara (Jalisco, Messico)

SOMMARIO

Questo articolo mostra i problemi ambientali nel sud dell'area metropolitana di Guadalajara, nello Stato di Jalisco, Messico. L'obiettivo è quello di conoscere le affezioni ambientali in cui si trovano gli abitanti di questo territorio. È stata fatta una rassegna bibliografica e giornalistica dei diversi studi sulla qualità delle acque superficiali effettuati da autorità statali, università e organizzazioni non governative, con particolare attenzione al torrente e alla diga di El Ahogado. Inoltre, è stata effettuata una proiezione socio-spaziale degli abitanti esposti ai contaminanti presenti nelle acque superficiali: bario, cromo, ferro, mercurio e zinco. Lo Stato è consapevole del degrado ambientale da 40 anni. Questo ci parla di una rivittimizzazione dello spazio socioambientale: l'industria non è stata sanzionata, la crescita urbana è disordinata e le esigenze di salute della popolazione non sono state soddisfatte.

PAROLE CHIAVE: Rischio, Degrado ambientale, Metalli pesanti, Acqua, Industria.

Introducción

Este artículo se deriva de un capítulo de nuestra tesis doctoral¹ realizada entre los años 2015-2019, en el que se analizaron diversos trabajos referentes a la calidad del agua al sur de la Zona Metropolitana de Guadalajara (ZMG), en el estado de Jalisco, México. El crecimiento de la ciudad se ha extendido hacia una zona industrial y esto ha puesto en evidencia la contaminación del agua superficial y los riesgos sanitarios.

Los tres niveles de gobierno en México —federal, estatal y municipal— han reconocido el deterioro ambiental de este territorio desde la década de 1980. No obstante, el gobierno federal no ha hecho lo suficiente para regular las descargas industriales (desde la modificación de las leyes ambientales a las sanciones a los infractores). En dicho espacio geográfico existen 2.848 empresas manufactureras, lo que constituye el 24 % de la producción de la ZMG y el 14 % de la entidad jalisciense.

Por otra parte, el gobierno estatal de Jalisco delimitó esta zona como Polígono de Fragilidad Ambiental (POFA), que abarca una parte de diez municipios: Guadalajara, Ixtlahuacán del Río, Juanacatlán, El Salto, Tlajomulco de Zúñiga, Tala, Tlaquepaque, Tonalá, Zapotlanejo y Zapopan. Entre las medidas adoptadas para reducir la contaminación del agua está la instalación de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR). Sin embargo, solo trata las provenientes del sector doméstico y no las que se generan en la actividad industrial.

El gobierno municipal, como última unidad político-administrativa del Estado mexicano, ha permitido la construcción de viviendas de interés social en un espacio degradado ambientalmente. Además, existe una declaratoria de veda en la extracción de los acuíferos subterráneos. La carencia de agua potable y otros servicios básicos en estos nuevos asentamientos humanos ha llevado a la manifestación pública. Asimismo, se han gestado organizaciones sociales que han denunciado por más de dos décadas las muertes y enfermedades relacionadas con la contaminación del río Santiago y el arroyo El Ahogado.

Algunos casos de crisis ambiental en el mundo

Los impactos ambientales de carácter local son parte de una crisis ambiental más amplia. El caso de la ampliación

del Canal de Panamá nos demuestra una desigualdad social. Por el mismo transitan entre 13.000 y 14.000 buques cada año. En 2005, se generaron 1.500 millones de dólares, de estos un tercio fueron entregados al gobierno panameño. No obstante, más del 40 % de la población panameña es pobre, de estos el 26,5 % viven en pobreza extrema. Esas desigualdades han favorecido a las elites de poder en el discurso social y en la defensa de sus intereses a través del supuesto interés general o beneficio social extendido². Otro de los casos es el de la Cuenca Matanza Riachuelo³ en Argentina. La crisis ambiental tiene su origen en la omisión del manejo de los recursos naturales y las actividades agroindustriales desde el siglo XIX. A lo largo del tiempo, la producción y exportación de productos agrícolas generó saladeros, curtiembres, frigoríficos y otras industrias que van desde los astilleros hasta la creación de un polo petroquímico. Durante varias décadas las industrias no le dieron tratamiento a sus aguas residuales, que eran vertidas a la cuenca. Esto provocó afectaciones en la población, tanto de enfermedades respiratorias como de la piel (la población infantil era la más afectada). En el año 2004 se inició una demanda en contra del Estado, de empresas nacionales, provinciales y municipales, públicas y privadas⁴. El juez se esforzó en resarcir los daños ambientales; exigiendo a la presentación de informes, estipulando plazos e, incluso, imponiendo multas a los responsables del retraso de las obras acordadas⁵.

La crisis ambiental expresa el dominio hegemónico de la organización del mundo moderno. La cuestión ambiental es un tema que busca la reconstitución de las ciencias sociales y una refundamentación de los modos de habitar el mundo. Más que una sociología de la interculturalidad llama a reformar la vida humana y edificar una sociología de la otredad, de la racionalidad ambiental en la construcción de otros mundos posibles⁶.

La imagen de la crisis ambiental como un agregado de problemas interrelacionados a nivel mundial sirve para deslindar responsabilidades por etapa generacio-

² Aledo, 2006.

³ Comprende parte de la ciudad de Buenos Aires y los municipios de Almirante Brown, Avellaneda, Cañuelas, Esteban Echeverría, General Las Heras, La Matanza, Lanús, Lomas de Zamora, Marcos Paz, Merlo y San Vicente.

⁴ "La demanda fue interpuesta el 14 de julio de 2004 ante la Corte Suprema de Justicia de la Nación. [...] El grupo de los demandantes se componía de: Vecinos de la Cuenca Matanza-Riachuelo (CMR), especialmente de la denominada 'Villa Inflamable', ubicada en Dock Sud, Partido de Avellaneda, Provincia de Buenos Aires; y Profesionales (médicos, psicólogos, odontólogos y enfermeros) del Hospital Interzonal de Agudos Pedro Fiorito de la ciudad de Avellaneda, Provincia de Buenos Aires". Cousido, 2010, 9.

⁵ Cousido, 2010.

⁶ Leff, 2014, 15, 33 y 41.

¹ Castillo, 2019.

nal de distintas sociedades humanas⁷. En ese contexto global, no solo interesa analizar o criticar los alcances del crecimiento económico, sino la construcción de nuevas prácticas que garanticen un mundo sustentable, el cuidado de la naturaleza y el respeto a los derechos humanos.

Las situaciones de peligro no pueden mentir en las nuevas desigualdades sociales a escala global. Surgen en situaciones de clase y las situaciones de riesgo se disfrazan: “el proletariado de la sociedad mundial del riesgo vive bajo las chimeneas, junto a las refinerías y fábricas químicas en los centros industriales del Tercer Mundo [...] hay una fuerza de atracción sistemática entre la pobreza extrema y los riesgos extremos”⁸. De igual forma, existen poblaciones urbanas, rurales y pueblos originarios, que son víctimas de los efectos de la crisis ambiental, propiciada por las actividades industriales en los países en “vías de desarrollo”.

Estructuración del artículo

El trabajo se divide en tres apartados. El primero de ellos tiene que ver con la revisión de las investigaciones realizadas por parte de las autoridades gubernamentales, asociaciones civiles y académicos en referencia a la calidad del agua en la presa El Ahogado, afluente que recibe las aguas residuales del sur de la ZMG, reconocida como POFA. Asimismo, se explican los efectos que producen los metales pesados presentes en los cuerpos de agua y los riesgos sanitarios por la exposición a estos. Y el último nos describe el tipo de empresas que se encuentran instaladas en este territorio.

Metodología

Se realizó una revisión bibliográfica y hemerográfica de los distintos estudios de calidad del agua, enfocados en el arroyo y en la presa El Ahogado. En total se examinaron siete investigaciones. La primera de ellas data de 1980 y la última es de 2017. Ello nos habla de un periodo cercano a los cuarenta años, en el que se ha documentado la degradación ambiental de estos cuerpos de agua. El análisis de esos trabajos nos llevó a realizar diversas representaciones gráficas⁹ de

lo que acontece en este territorio: desde la delimitación del POFA (decretada por el gobierno de Jalisco en 2010), los puntos de muestreo de calidad de agua superficial, la ubicación de las presas, la actividad industrial y la zona de riesgo ambiental. Se valoró a una distancia de cinco kilómetros del afluente en cuestión, con base en un estudio realizado en el río Kymi-joki, al sur de Finlandia¹⁰. En ese afluente se encontró dibenzodioxinas policloradas y dibenzofuranos¹¹, determinándose que para su población existían estimaciones de riesgo elevadas a <1 km y ligeramente elevadas a <5 km.

Objetivo

El interés de nuestra investigación fue conocer las condiciones ambientales en que se encontraba la población de esta zona con el afán de estimar el riesgo sanitario, relacionado con los contaminantes presentes en el agua superficial¹².

El panorama ambiental al sur de la Zona Metropolitana de Guadalajara

El crecimiento urbano de la ZMG se ha dado de una manera desordenada en los últimos 20 años. Esta expansión es paralela a la actividad industrial, que lleva más de cuarenta años instalada en la zona. La expansión urbana e industrial se ha realizado hacia el sur de la metrópoli, en lo que hoy se conoce como el POFA. En el territorio residen 1.411.099 personas, que representan el 32 % de la población total de la ZMG de acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (Mapa 1).

Esta demarcación¹³ (en color rojo, como se aprecia en el Mapa 1) conformada por la fracción de diez municipios¹⁴, ha sido reconocida por el propio gobierno del estado de Jalisco, como POFA. La autoridad ha propuesto una serie de medidas para contrarrestar la degradación ambiental en esta delimitación desde el año 2010.

¹⁰. Verkasalo et al., 2004.

¹¹. A pesar de que son sustancias diferentes a las encontradas en nuestro objeto de estudio, este trabajo nos sirve para delimitar nuestra zona de riesgo.

¹². De acuerdo con la OMS (2020), la falta de agua potable y de un saneamiento de aguas residuales, sumado a una higiene deficiente, provoca 842.000 muertes al año en países de bajos ingresos.

¹³. Tiene una superficie de 745,22 km².

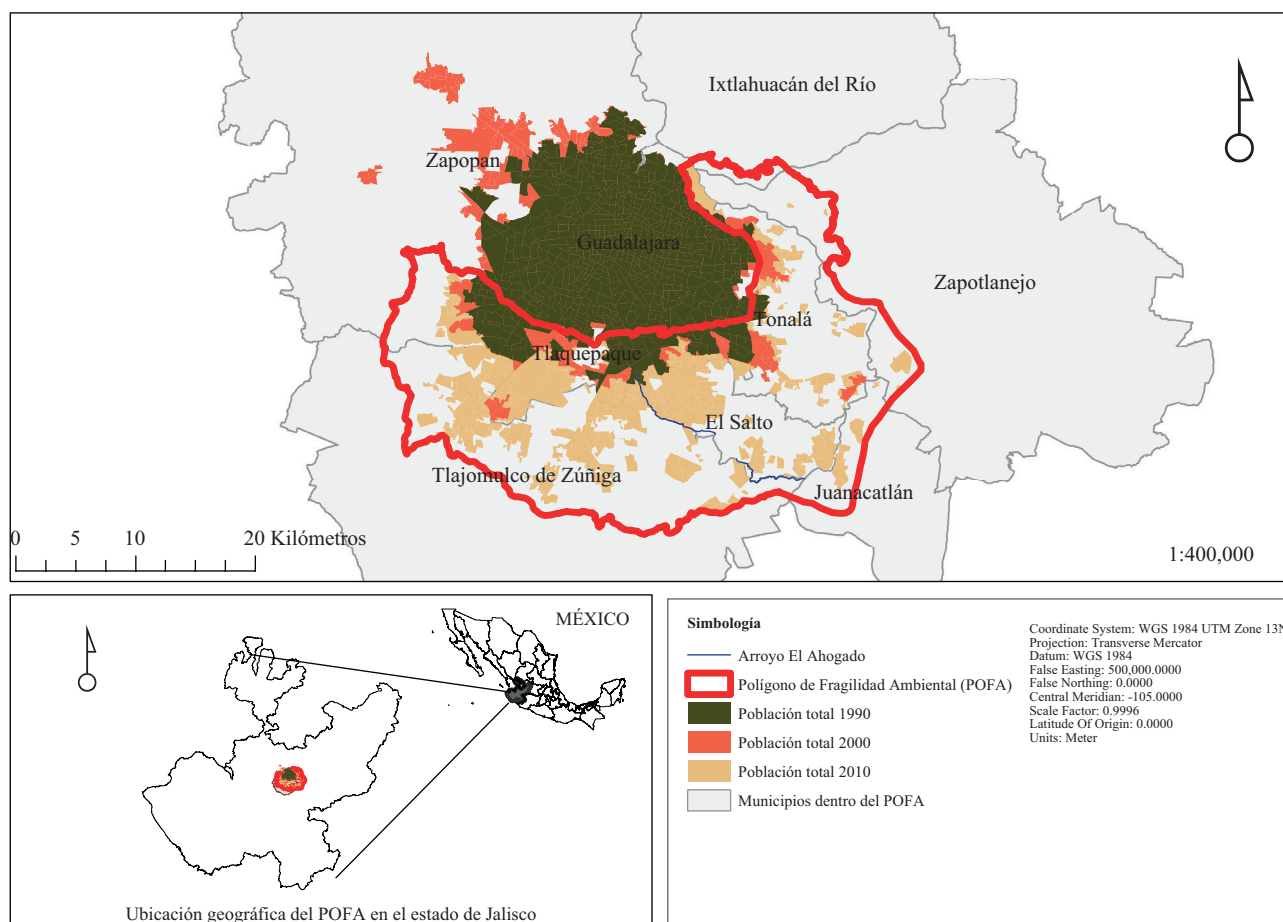
¹⁴. Guadalajara, Ixtlahuacán del Río, Juanacatlán, El Salto, Tlajomulco de Zúñiga, Tala, Tlaquepaque, Tonalá, Zapotlanejo y Zapopan.

⁷. Meira Cartea, 2006, 115.

⁸. Beck, 1986, 47.

⁹. Se realizaron un total de nueve mapas con la ayuda del programa Arcgis 10.3.

Mapa 1. Ubicación geográfica del POFA y crecimiento de la ZMG



Fuente: elaboración propia con base en SEMADET, 2018 e INEGI, 2010.

Una de ellas ha sido la instalación de la PTAR El Ahogado. Sin embargo, esta solo trata las aguas provenientes del sector doméstico¹⁵ y no las que se producen en la industria. Por lo tanto, las aguas superficiales se convierten en receptoras de los residuos que producen la industria textil, electrónica, farmacéutica, automotriz y papelería, por mencionar solo algunos de los ramos industriales.

A inicios del siglo XX, la presa El Ahogado recibía los escurrimientos de toda la cuenca El Ahogado, flujos que eran canalizados a través de presas y utilizados en la agricultura. Posteriormente, en la década de 1970, esta actividad fue sustituida por la industria, que comenzó a verter sus aguas residuales a los distintos cuerpos de agua, entre ellos al afluente en cuestión¹⁶ (Mapa 2).

En la imagen podemos observar y hacernos una idea de la importancia que tenían los escurrimientos de agua en la cuenca El Ahogado y en el POFA. El sistema de presas (17 en total) se utilizaba para impulsar

actividades agropecuarias antes de la década de 1970. En la actualidad, el agua de 11 de estos 17 embalses¹⁷ es utilizada para la siembra y crianza de ganado. Ya que algunos de estos afluentes reciben aguas residuales provenientes de asentamientos humanos y de empresas manufactureras¹⁸ (2.848 en total) la pregunta que nos hacemos es la siguiente: ¿qué calidad de agua se almacena en estos embalses? Como la presa El Ahogado (en el Mapa 2 se puede observar en círculo negro) es el punto geográfico más bajo del sistema hídrico y recibe todos los desechos que se generan aguas arriba.

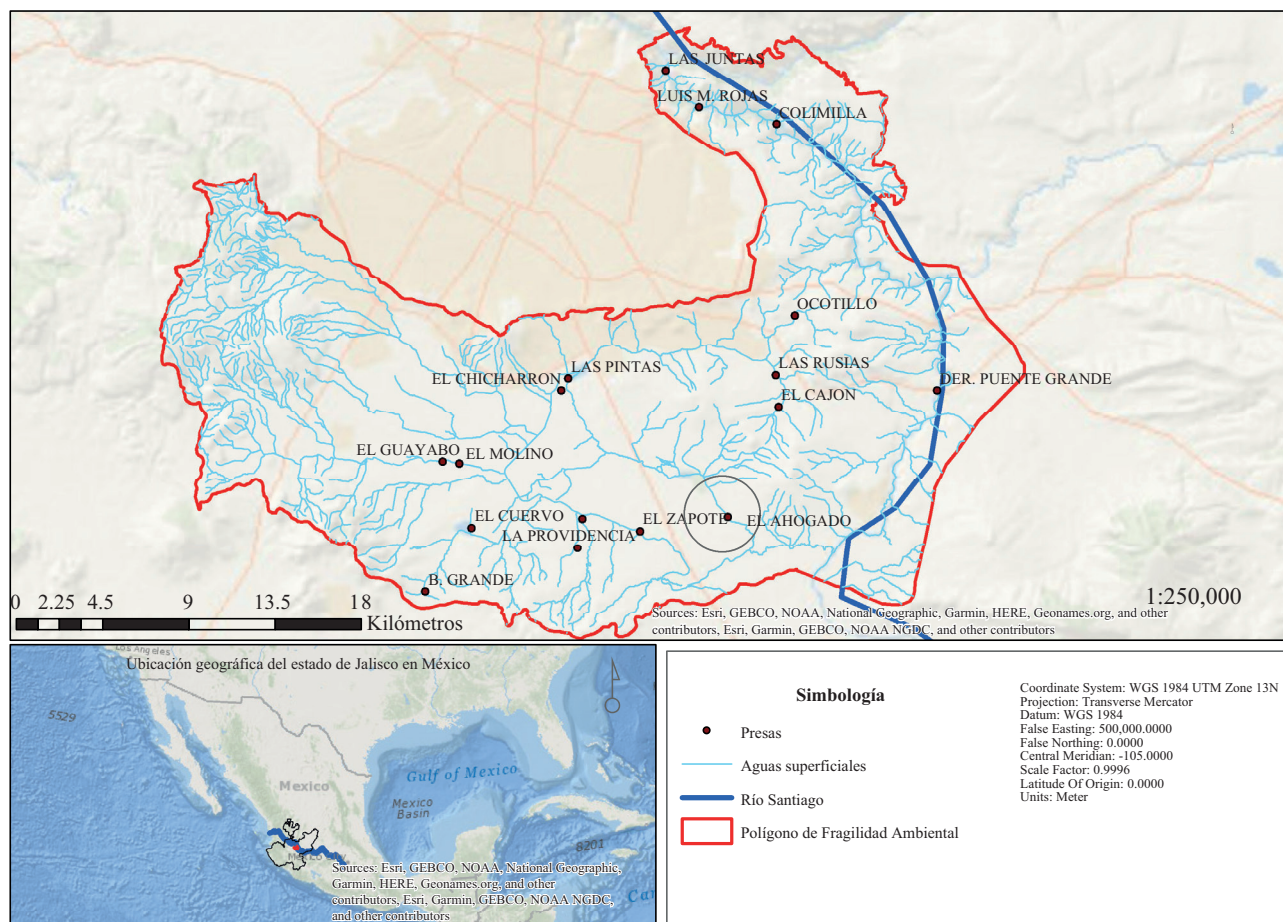
17. El resto de las presas se distribuyen de la siguiente forma: tres son requeridas para la generación de electricidad, dos no tienen datos y una es utilizada para el almacenaje de agua potable (Las Pintas). <http://sina.conagua.gob.mx/sina/tema.php?tema=presasPrincipales>

18. Por el momento, solo se analizaron estas actividades productivas: alimenticia, metal-mecánica, textil, química, transportes y electrónica. Las mismas van desde micro, pequeña, mediana y gran empresa. El actual gobierno de Jalisco reconoce a estas actividades productivas como las generadoras de residuos, emisiones y descargas, incumpliendo con el marco legal y normativo. <https://www.jalisco.gob.mx/es/gobierno/comunicados/revive-el-rio-santiago-con-la-estrategia-integral-para-su-recuperacion>

15. Comisión Estatal del Agua, 2017.

16. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Subsecretaría de Planeación, 1980.

Mapa 2. Ubicación de presas en el POFA



Fuente: Elaboración propia con base en la página web de la CONAGUA (<http://sina.conagua.gob.mx/sina/tema.php?tema=presasPrincipales>)

Estas desatenciones han provocado un gran deterioro ambiental en el territorio, presente en la parte baja del mismo, donde se encuentra el arroyo y la presa El Ahogado. A ello hay que sumar que “estas áreas se han convertido en espacios donde crece la violencia a causa de deficientes o nulos servicios de seguridad, transporte, iluminación, así como a la ausencia de oportunidades productivas, educativas y deportivas para los jóvenes que ahí habitan”¹⁹.

Este vaso regulador recibe las aguas sin tratamiento provenientes de los sectores antes mencionados, y se considera una de las fuentes principales de la contaminación del río Santiago²⁰. El decreto del POFA debería decirnos, por sí solo, que existe un problema ambiental y que debería atenderse de inmediato. En este espacio viven cerca de millón y medio de pobladores. Por lo tanto,

es necesario conocer y analizar los trabajos que se han realizado sobre la calidad del agua en dicha zona para valorar el riesgo al que se ven sometidos sus habitantes.

Análisis de la calidad de agua en la parte baja del POFA: la presa El Ahogado

Este embalse es el punto más bajo de la cuenca El Ahogado y es alimentada por el arroyo del mismo nombre, que nace en la presa de Las Pintas de Abajo, en el municipio de Tlaquepaque. Su recorrido es de 8,8 km desde su nacimiento hasta llegar a la parte baja de la cuenca hidrológica. El afluente recibe las aguas residuales que se producen en los sectores agrícola²¹, urbano e indus-

¹⁹. Torres Rodríguez, 2018, 32.

²⁰. La contaminación del río Santiago ha sido la causa de sus padecimientos y está relacionada con la actividad industrial que se desarrolla en los estados de Guanajuato, Jalisco, Michoacán y Estado de México. González, 1987. Durán y Torres, 2009. McCulligh, Tetreault y Martínez, 2012. Ochoa García, 2012.

²¹. “Las inversiones para el campo desde entonces y hasta finales de los ochenta siempre se destinaron al apoyo para el desarrollo de zonas de riego en cuanto a su tecnificación e inversión en tecnologías para la mejora de los cultivos y obtención de mayores rendimientos económicos, a pesar de que paulatinamente se descuidó también a esta actividad”. Rojas Ramírez, 2018, 99.

Tabla 1. Estudios de la calidad del agua en la presa El Ahogado, vaso regulador del POFA

Análisis	Autor (es)	Año	Contaminantes detectados en cuerpo de agua
1	Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH)	1980	Aceites, fertilizantes y descargas domésticas.
2	Comisión Estatal del Agua (CEA) y AyMa Ingeniería y Consultoría S.A. de C.V.	2006	Cadmio, cobre, cromo, mercurio, níquel y plomo.
3	McCulligh, Pérez y Moya	2007	Demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno y nitrógeno amoniacal.
4	Arellano Aguilar, Ortega Elorza y Gesundheit Montero	2012	Bario, cromo, hierro, mercurio y zinc.
5	Arellano Aguilar, Ortega Elorza y Gesundheit Montero	2013	Arsénico, cadmio, cromo, mercurio, plomo y níquel.
6	Greenpeace	2016	Nonifenol, ftalatos, octifenol y el bisfenol, productos químicos utilizados en industrias como detergentes, retardantes de flama y elaboración de plásticos.
7	CEA	2009-2017	Aluminio, bario, cromo, hierro, mercurio y zinc.

Fuente: elaboración propia, 2018.

trial, generadas en la parte alta de la cuenca. De esta forma, la parte baja recibe las aguas residuales que se producen aguas arriba (Tabla 1).

Estos estudios fueron realizados por distintas instituciones, tanto privadas como públicas, así como por investigadores académicos, quienes han identificado diversos contaminantes²². En esta revisión podemos observar que, desde la década de 1980 hasta la actualidad, el embalse ha recibido aguas residuales provenientes de los sectores urbano e industrial²³.

En el año 1980 la SARH realizó un estudio de la calidad del agua en dicho embalse. Este organismo encontró varias fuentes contaminantes, entre ellas, la aceitera La Reforma (aceite comestible y forrajes), una maquiladora de oleaginosas (aceite comestible), Guano-mex (fertilizantes) y el aeropuerto de Guadalajara (tipo doméstica). Estas dos últimas descargas son vertidas al arroyo La Colorada, que a su vez desemboca en el cuerpo de agua en cuestión. Esto sucede durante el temporal de lluvias, cuando el flujo es suficiente²⁴. En tiempo

de estiaje se generen encharcamientos, malos olores y reproducción de mosquitos²⁵.

En el año 2006 la CEA, junto a la empresa AyMA Ingeniería y Consultoría S.A. de C.V., realizaron análisis de calidad del agua en el río Santiago; entre el lago de Chapala y el río Verde, en el río Zula; entre los municipios de Arandas y Ocotlán, y en el Arroyo Chico; entre el municipio de Tototlán y el río Zula. Esta investigación tenía por objetivo identificar y caracterizar las fuentes de contaminación en dichos afluentes. La investigación involucró a 13 municipios²⁶. Uno de sus resultados dictaminó que:

“El arroyo El Ahogado es, en la situación actual, una fuente de contaminación del río Santiago [...] los vertidos de agua residual de las múltiples industrias asentadas en la margen izquierda de la presa del Ahogado, así como las situadas aguas debajo de la presa, son los probables causantes de esta desfavorable condición de las aguas conducidas por el arroyo”²⁷.

Lo anterior nos demuestra que la autoridad gubernamental, encargada del estudio de calidad del agua superficial, a pesar de los resultados negativos obtenidos, usa el calificativo de “probable causante”, lo que nos parece carente de responsabilidad social. A continuación, observaremos una tabla que nos muestra el problema ambiental presente en el ecosistema y en la vida de los

²². El trabajo de Marques Harres (2018) nos muestra un proceso de construcción histórica en lo referente a la degradación de una cuenca. Nos habla de la contaminación de la cuenca hidrográfica del río de los Sinos, en Brasil. Además, se documenta la degradación ambiental desde fines del siglo XIX hasta el año 2017. El crecimiento urbano y el de la industria, el desplazamiento y las afectaciones de la agricultura son algunos de los cambios en la población y la cuenca.

²³. Por el momento no se profundizó en el tema agrícola, presente en esta parte del territorio, porque nos limitamos a comprender los efectos que produce la actividad industrial en el medio ambiente, más concretamente en el agua superficial.

²⁴. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Subsecretaría de Planeación, 1980.

²⁵. Con base en distintas charlas informales sostenidas con los propios habitantes en diversos exploratorios de las localidades de La Huizachera, Villas de la Alameda, El Salto, La Azucena y Jardines del Castillo.

²⁶. Arandas, Atotonilco, Ocotlán, Tototlán, Poncitlán, Zapotlán del Rey, Chapala, Ixtlahuacán de los Membrillos, Juanacatlán, Tlajomulco, El Salto, Zapotlanejo y Tonalá.

²⁷. Comisión Estatal del Agua y AyMA, 2006, 34 y 40.

Tabla 2. Calidad del agua antes y después de la PTAR El Ahogado

Aguas arriba de El Ahogado				
Conductividad	Sólidos Suspendidos Totales (SST)	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	Nitrógeno Total	Fósforo Total
Contaminado	Excelente	Severamente contaminado	Severamente contaminado	Severamente contaminado
Aguas abajo de El Ahogado				
Conductividad	Sólidos Suspendidos Totales (SST)	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	Nitrógeno Total	Fósforo Total
Ligeramente contaminado	Aceptable	Severamente contaminado	Severamente contaminado	Severamente contaminado

Fuente: Elaboración propia con base en Comisión Estatal del Agua y AyMa, 2006 y Droste, 1997.

pobladores que residen en la cercanía de este cuerpo de agua. “Los pobladores relatan que antes se podía pescar, así, podemos establecer una relación entre la actual falta de oxígeno en el agua y la desaparición de peces”. El cuerpo de agua recorre varias localidades de los municipios de Tlaquepaque y El Salto, y desemboca en la presa El Ahogado, desviándose las aguas residuales del sector doméstico hacia la PTAR, antes de derivarlas hacia el río Santiago (Tabla 2).

Con base en la clasificación del agua superficial, de acuerdo con la concentración de contaminantes²⁸, podemos argumentar que cuatro de los cinco parámetros analizados no son aceptables. La conductividad del agua ($\mu\text{mhos/cm}$) encontrada en estos dos puntos fue de 1.592 y 1.245, cuando el valor aceptado es menor a 500. En cuanto al índice máximo de DBO₅ (mg/l) debe ser menor a 1,5, las muestras superaron los 52,0 y 42,9. El nitrógeno total (mg/l) en ambas localizaciones fue de 28,10 y 23,65, y lo permitido es menor a 0,5. Y por último, el fósforo total (mg/l) encontrado en ambos lugares fue de 8,5 y 7,15, mientras que lo aprobado es menor a 0,05. Por lo tanto, la calidad del agua en este sistema hídrico: arroyo-presa-arroyo El Ahogado, constituye un riesgo sanitario para las poblaciones cercanas (Mapa 3).

En el mapa podemos observar el área de riesgo ambiental que tendría el arroyo y presa de El Ahogado (degradación descrita en las investigaciones analizadas) a cinco kilómetros de distancia. El alcance abarca los 262,31 km² distribuidos entre los municipios de Guadalajara, Tlaquepaque, Tlajomulco de Zúñiga, El Salto y Juanacatlán. En medio de la posible afectación se encuentran casi ciento cincuenta mil habitantes distribuidos a lo largo de los 8,8 kilómetros de la extensión del afluente (así como los trabajadores y visitantes del aeropuerto internacional de Guadalajara).

No hay que olvidar que dichos escurrimientos se vierten hacia el río Santiago, donde se encuentran otras poblaciones (Mapa 4). En esta representación gráfica se coloca en conjunto al arroyo El Ahogado y el río Santiago en el POFA, considerada una zona de afectación que abarca cinco kilómetros a los márgenes de cada afluente. Por lo tanto, más de medio millón de habitantes estarían en situación de riesgo por el hecho de vivir en las cercanías de estos cuerpos de agua contaminados.

La crisis ambiental está presente en las nuevas desigualdades sociales a escala global. Surgen en situaciones de clase y las situaciones de riesgo se disfrazan²⁹. En este caso las autoridades municipales agregan a más pobladores a vivir bajo esta crisis ambiental. Es decir, permiten a las inmobiliarias construir en estos espacios de marginación, contaminación y alejados del centro de la ciudad de Guadalajara. El municipio de Tlajomulco de Zúñiga (por poner un ejemplo) ha mostrado la mayor tasa de crecimiento (12,92 %) en el periodo 2000-2010, a diferencia del resto de los municipios metropolitanos (El Salto 5,18 %, Tonalá 3,57 %, Tlaquepaque 2,52 %, Zapopan 2,19 % y Guadalajara -0,96 %).

El gobierno municipal recibe la petición de urbanizar por parte de una inmobiliaria (con capital privado), a la cual se le solicita un plan de ordenamiento y si este lo avala, se construyen viviendas en masa. Por ejemplo, tan solo en el año 2006, el gobierno municipal de Tlajomulco de Zúñiga autorizó a diversas empresas privadas la construcción de 53.798 viviendas³⁰. Si hacemos una estimación con respecto al promedio de habitantes en la vivienda del año 2000, que fue de 4,4³¹, estaríamos hablando de que este municipio recibió más de doscientos

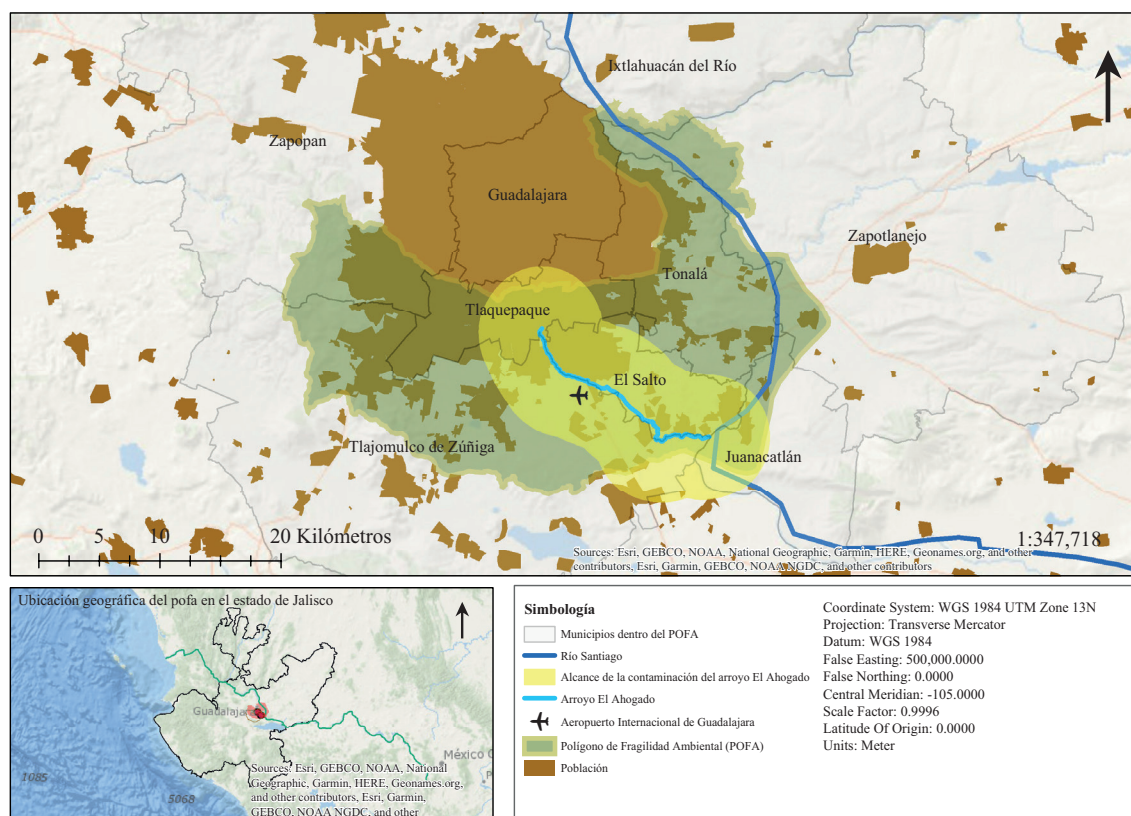
²⁹ Beck, 1986, 47.

³⁰ Datos proporcionados por el ayuntamiento de Tlajomulco de Zúñiga a través de la Unidad de Transparencia, oficio DGT/1734/2016.

³¹ Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2000.

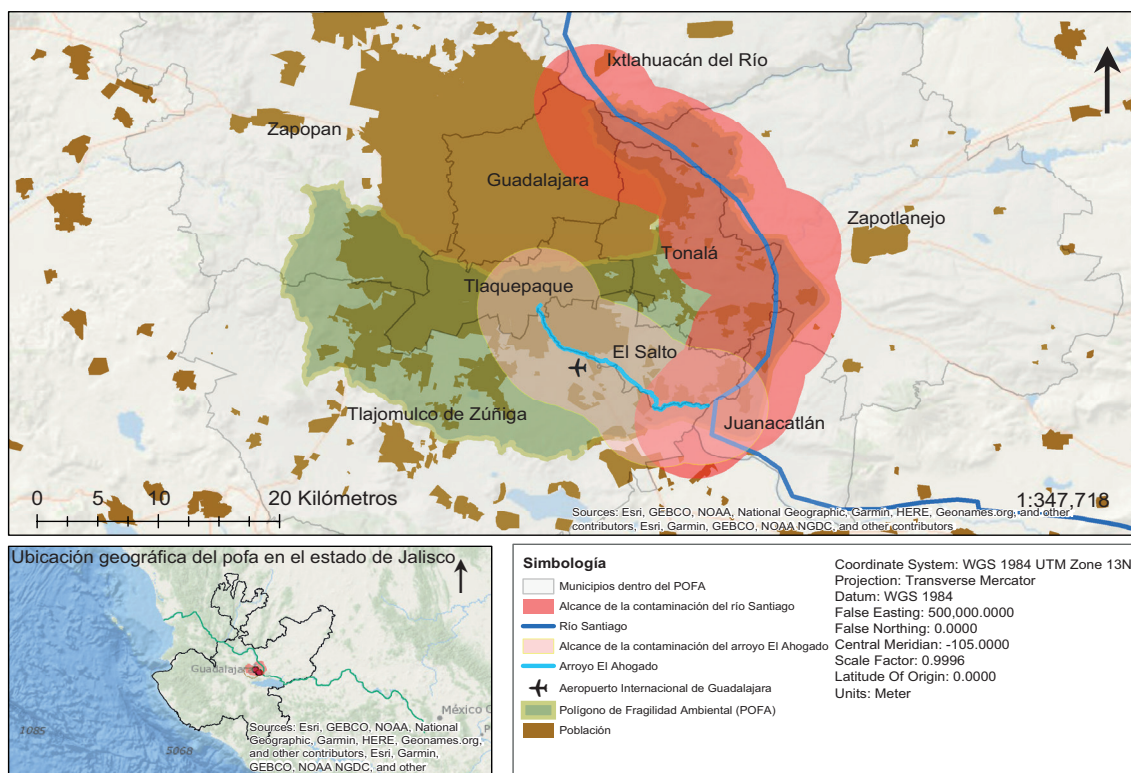
²⁸ Adaptado por la CEA de Droste, 1997.

Mapa 3. Riesgo ambiental del Arroyo El Ahogado



Fuente: elaboración propia con base en las páginas web del Estado de Jalisco. <https://datos.jalisco.gob.mx/dataset/grado-de-marginacion-por-colonia> y SEMADET <http://sigat.semadet.jalisco.gob.mx/mxsig/>

Mapa 4. Riesgo ambiental del Arroyo El Ahogado y el río Santiago



Fuente: elaboración propia con base en las páginas web del Estado de Jalisco <https://datos.jalisco.gob.mx/dataset/grado-de-marginacion-por-colonia> y SEMADET <http://sigat.semadet.jalisco.gob.mx/mxsig/>

tos mil habitantes en un solo año. Esto representa un impacto en la infraestructura urbana y en la demanda de servicios básicos: agua, luz, drenaje, escuelas, transporte público y servicios de salud.

En el año 2007 se publicó “Los Mártires del Río Santiago”, de Cindy McCulligh, Juan Carlos Páez y Gerardo Moya. El artículo fue editado por el Instituto Mexicano para el Desarrollo Comunitario (IMDEC) A.C., en colaboración con el Instituto de Valores Integrales y Desarrollo Ambiental A. C. Esta investigación formó parte de la denuncia ciudadana del deterioro ambiental del río Santiago ante la Comisión Estatal de Derechos Humanos Jalisco (CEDHJ). Este fue el precedente para sentar las bases de la Macro recomendación³² emitida en el año 2009 por esta organización defensora.

La investigación se divide en cuatro apartados. El primero tiene que ver con la recolección y resumen de datos existentes de la contaminación del río Santiago, grado y fuentes contaminantes. Asimismo, se presentan los estudios realizados en cuanto a los daños a la salud entre la población a causa de la degradación ambiental y las acciones realizadas por parte de las organizaciones sociales. El segundo, resume las evidencias que muestran las violaciones a los derechos humanos en cuanto a la privación de un medio ambiente sano y la salud. El tercero se refiere a las obligaciones que tiene el Estado en hacer que se cumplan estos derechos, presentes en las leyes y en otros instrumentos jurídicos. Por último, se emiten una serie de recomendaciones para atender y resolver la situación que padecen los pobladores.

Se realizó un análisis del Índice de Calidad de Agua (ICA) en varios afluentes vinculados con el río Santiago. Para ello se recurrió a la normativa de la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP), con base en el análisis de 18 parámetros como el oxígeno disuelto, coliformes, grasas y aceites, demanda bioquímica de oxígeno, detergentes, sustancias activas al azul de metileno, por mencionar solo algunos de ellos³³.

Una de las investigaciones³⁴ analizadas en este proyecto determinó que el ICA del arroyo El Ahogado, an-

tes de llegar a la presa, obtuvo una calificación de 29,57. Mientras que, a la salida de dicho embalse, el parámetro fue superior: 31,11. Con base en el siguiente cuadro y los parámetros correspondientes, el afluente obtendría un calificativo de “contaminación en exceso” (0-40) y sus aguas no serían aptas para el tratamiento potabilizador, de acuerdo con la Comisión Nacional del Agua (CNA)³⁵ (Tabla 3).

Tabla 3. Índice de Calidad de Agua (ICA) de la Comisión Nacional del Agua

Rango	Criterio general	Clasificación
90-100	Excelente Calidad	No requiere purificación para su consumo
80-90	Calidad Aceptable	Requiere purificación menor
70-80	Contaminado Leve	Dudoso su consumo sin purificación
50-70	Contaminado	Tratamiento de potabilización indispensable
40-50	Contaminado Fuerte	Dudoso para consumo
0-40	Contaminado en Exceso	Inaceptable para consumo

Fuente: McCulligh, Páez y Moya, 2007.

En este caso los parámetros de contaminación fueron menores al entrar a la presa y superiores al salir de la misma (ambos estándares son inaceptables para el consumo). Esto nos demuestra que las aguas residuales que se generan en el corredor industrial de El Salto como lo señala la Comisión Estatal del Agua, aumentan el grado de contaminación antes de llegar al río Santiago³⁶.

Se realizaron dos muestreos en el arroyo El Ahogado, tanto en temporada de estiaje como en la de lluvia. En el primero se encontraron los siguientes resultados: Demanda Química de Oxígeno (DQO₅) 43,0 mg/l (severamente contaminado); Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) 176,0 mg/l (severamente contaminado) y nitrato amoniacal 25,60 mg/l (severamente contaminado). En el segundo, y a pesar de mostrar valores menores al primero, la calidad del agua mostró parámetros negativos: DQO₅ 24,4 mg/l (severamente contaminado); DBO 135,0 mg/l (severamente contaminado) y nitrato amoniacal 8,53 mg/l (severamente contaminado)³⁷. Este proyecto sostiene que las descargas industriales hacia el río Santiago se encuentran en tres lugares: la ciudad de Ocotlán, el corredor industrial de

³². Por la violación de los derechos humanos a gozar de un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, a la salud, al agua, a la alimentación, al patrimonio, a la legalidad, a la seguridad social, al desarrollo sustentable, a la democracia, al trabajo, a tener una vivienda en un entorno digno, los derechos de niñas y niños a un nivel de vida adecuado para su desarrollo físico, espiritual, moral y social. http://semadet.jalisco.gob.mx/sites/semadet.jalisco.gob.mx/files/resumen_de_antecedentes.pdf, consultado el 16 de noviembre de 2017.

³³. McCulligh, Páez y Moya, 2007, 18.

³⁴. Elaborado en junio del 2004 por el Laboratorio del Grupo Microanálisis S. A. de C. V., a solicitud del empresario jalisciense y presidente de Fundación Cuenca Lerma Chapala Santiago A. C., Manuel Villagómez, de acuerdo con la NOM-127-SSA1-1994.

³⁵. McCulligh, Páez y Moya, 2007.

³⁶. Comisión Estatal del Agua y AyMA, 2006.

³⁷. AYMA Ingeniería y Consultoría, 2003.

El Salto y el corredor industrial que se encuentra en el anillo periférico sur de la Zona Conurbada de Guadalajara³⁸. A nuestro entender, estas dos últimas concentraciones industriales son el problema fundamental de la degradación ambiental y son el origen de la etiqueta que pesa al sur de la ZMG.

Se realizó una investigación denominada “Estudio sobre la contaminación en la cuenca del río Santiago y la salud pública en la región”³⁹. El trabajo fue auspiciado por parte de Greenpeace, Un Salto de Vida A.C., y la Unión de Científicos Comprometidos con la Sociedad (UCCS). Los análisis de dicha investigación sostienen que la presa El Ahogado ha presentado los niveles más altos de metales pesados: bario, cromo, hierro, mercurio y zinc. Estos se han detectado por encima del límite máximo establecido en la Ley Federal de Derechos de Agua, 2009⁴⁰, constituyendo un riesgo para la población cercana, tal es el caso de las localidades de San José El Quince, San José El Verde, El Refugio, Zapote del Valle, San José del Castillo, La Alameda, La Azucena y los nuevos fraccionamientos⁴¹.

Al año siguiente, se publicó otro artículo, el cual tenía como objetivo caracterizar cartográficamente las descargas contaminantes de origen industrial de los distintos cuerpos de agua superficial, con base en el Registro de Emisión y Transferencia de Contaminantes⁴² (RETC). La investigación determinó que las industrias que descargan metales pesados se concentran en tres espacios geográficos: en el centro de las ciudades de Guadalajara, Ocotlán y en la zona de la presa El Ahogado⁴³ (Mapa 5).

En el Mapa 5 podemos observar en la parte superior izquierda la concentración de la actividad industrial en el municipio de Guadalajara y, un poco más abajo, la presa El Ahogado. Por otra parte, observamos en la parte baja hacia la derecha, el nacimiento del río Santiago en las inmediaciones del Lago de Chapala y el municipio de Ocotlán. Son las zonas con mayor contaminación en el estado de Jalisco⁴⁴. Lo preocupante es que el municipio de Guadalajara no cuenta con planta de tratamiento de aguas residuales, por lo tanto, genera metales pe-

sados para el río Santiago, aguas abajo del POFA. Esto lleva a cuestionar la función y el costo de la PTAR El Ahogado.

Los investigadores revisaron 21.956 cédulas de operación anual, correspondientes a industrias individuales, de las cuales 2.510 (11,4 %) reportaron al RETC. Las sustancias que se adhieren a este registro se clasifican en ocho clases: sustancias agotadoras de la capa de ozono (SAO), compuestos orgánicos persistentes (COP), metales y sus compuestos, gases de efecto invernadero (GEI), hidrocarburos aromáticos y alifáticos, sustancias organohalogenadas, plaguicidas y otras sustancias tóxicas⁴⁵. Los resultados de la investigación señalan que, en esos tres espacios, se han encontrado metales pesados como el bario, cromo, hierro, mercurio y zinc. Estas sustancias químicas han estado por encima del límite máximo establecido en la Ley Federal de Derechos de Agua 2009⁴⁶. Además, en la zona de estudio se han reportado 1.090 diferentes sustancias tanto en las descargas industriales como en el río Grande de Santiago⁴⁷. La problemática ambiental no solo se limita a estas tres áreas geográficas, estamos frente a un problema interestatal (involucra a cinco estados: Jalisco, Michoacán, Guanajuato, Estado de México y Nayarit) y de afectación global (Mapa 6).

En el Mapa 6 observamos la concentración de actividades manufactureras a lo largo de los ríos Lerma y Santiago. Se realizó un cálculo para contabilizar el total de empresas manufactureras⁴⁸ (textil, química, plástica, papelera, metal-mecánica, electrónica, alimenticia y transporte) a dos kilómetros de distancia de cada afluente⁴⁹. En suma, se encontraron 3.073 empresas distribuidas de la siguiente manera, Estado de México: 1.374, Guanajuato: 799, Jalisco: 506, Michoacán: 237, y Nayarit: 157. Como podemos ver, la actividad industrial se inicia en el Estado de México y pasa por los demás estados, que vierten sus residuos hasta su desembocadura en el océano Pacífico.

En enero de 2016, Greenpeace México acudió a las cercanías de la presa El Ahogado para tomar una serie de muestras de aguas residuales de la PTAR El Ahogado. Las pruebas obtenidas fueron enviadas para su análisis a

³⁸. McCulligh, Páez y Moya, 2007, 11.

³⁹. Arellano Aguilar, Ortega Elorza y Gesundheit Montero, 2012.

⁴⁰. Por la amplitud del contenido, consultar en: <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/SGAA-37-12.pdf>

⁴¹. Arellano Aguilar, Ortega Elorza y Gesundheit Montero, 2012, 20.

⁴². De acuerdo con el estudio, se tienen contempladas 104 sustancias sujetas a reporte en el RETC; inventario de la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). Consultar en <https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/retc/retc/index.php>

⁴³. Arellano Aguilar, Ortega Elorza y Gesundheit Montero, 2013, 155.

⁴⁴. Arellano Aguilar, Ortega Elorza y Gesundheit Montero, 2013.

⁴⁵. Arellano Aguilar, Ortega Elorza y Gesundheit Montero, 2013, 159.

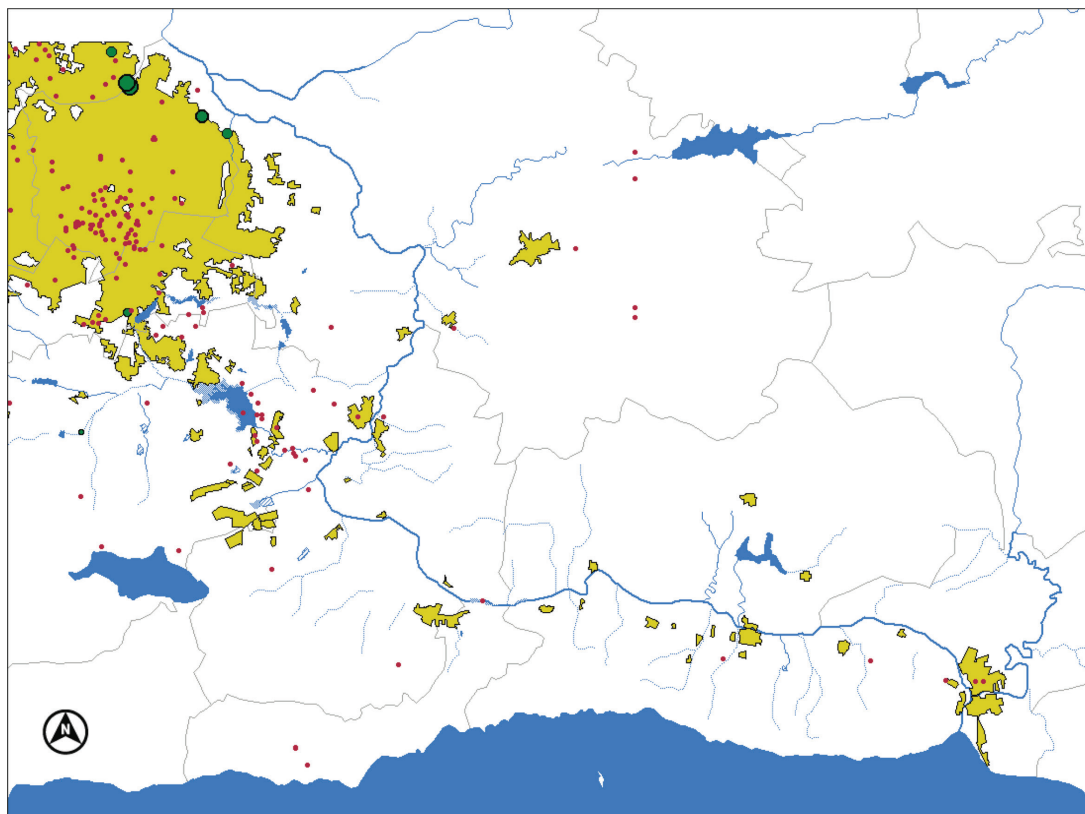
⁴⁶. Arellano Aguilar, Ortega Elorza y Gesundheit Montero, 2013, 166.

⁴⁷. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, 2011.

⁴⁸. Se realizó un conteo total de los cuatro tamaños de industria: micro, pequeño, mediano y grande.

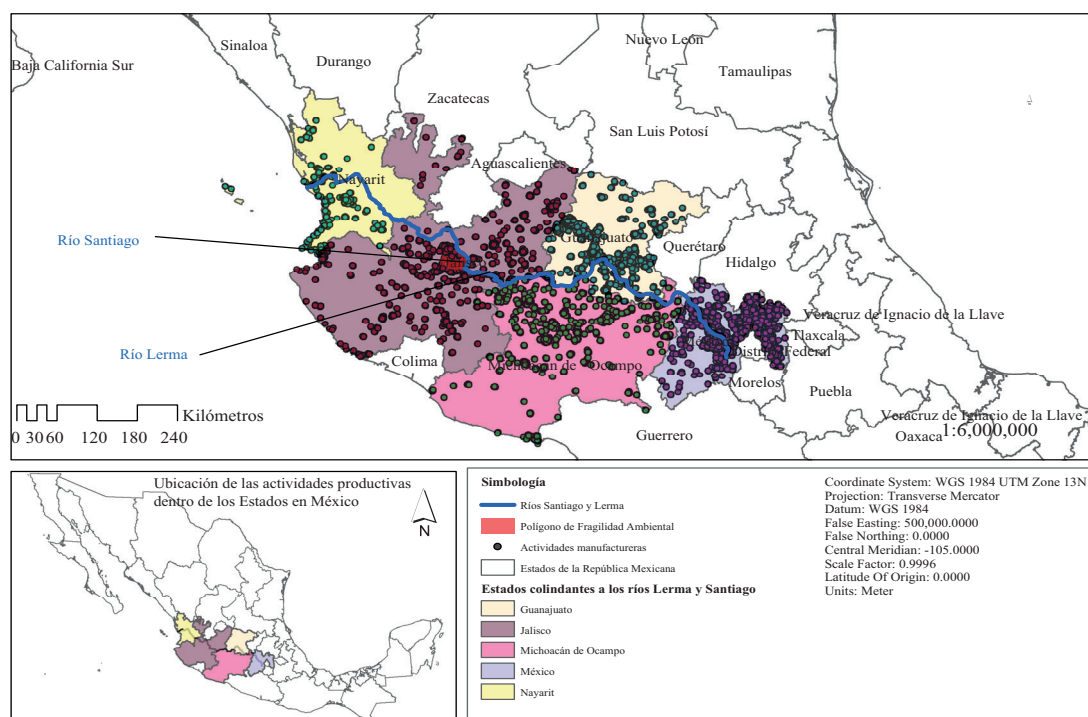
⁴⁹. Por considerar que las empresas vierten sus aguas residuales a los cuerpos de agua superficiales. Esto con base en la observación de las empresas de Jalisco. Sin considerar que los escurrimientos lejanos puedan conducir residuos de empresas más lejanas.

Mapa 5. Descargas industriales (color verde) y municipales (color rojo) durante el periodo 2004-2009



Fuente: Arellano Aguilar, Ortega Elorza y Gesundheit Montero, 2013, 159.

Mapa 6. Empresas manufactureras en las cercanías de los ríos Lerma y Santiago



Fuente: elaboración propia con base en la página web del DENUE. <https://www.inegi.org.mx/app/mapa/denue/>

los laboratorios de investigación de Greenpeace en la Escuela de Biociencias de la Universidad de Exeter en Reino Unido⁵⁰. Tras el análisis “se identificó una amplia gama de sustancias químicas orgánicas y metales pesados, lo que exhibe los pobres resultados y las soluciones paliativas que ofrecen las plantas de tratamiento cuando la solución sería atacar el problema de fondo: la descarga de sustancias tóxicas en el agua”⁵¹. Las muestras de agua extraídas del afluente del cárcamo y sedimentos del arroyo El Ahogado “exhiben la presencia de sustancias tóxicas para la vida acuática y la salud de las personas (clorofenol, ftalatos, 1,4 diclorobenceno, nonifenol, PFC). No queda claro cuál es la fuente exacta de los contaminantes encontrados en el río y sus sedimentos y si estos se dirigen hacia la planta de tratamiento El Ahogado”⁵².

Asimismo, la Secretaría de Salud Jalisco (SSJ) emitió dos oficios referentes al arroyo El Ahogado. El primero de ellos señalaba que jóvenes y niños se bañaban en este afluente contaminado. Para ello se pedía la colaboración de las autoridades municipales a fin de poder alertar a la población. Por último, se solicitó la participación de las cuatro regiones metropolitanas de esta secretaría, entre ellas las áreas de epidemiología, con el objeto de determinar el grado de riesgo para la población en contacto con ese arroyo⁵³. Estos resultados nos muestran que el problema ambiental no solo existe en las localidades de las cabeceras (El Salto y Juanacatlán), sino en todo el POFA. Por lo tanto, las localidades cercanas al arroyo El Ahogado se encuentran en riesgo y también aquellas que se ubican en la desembocadura de dicho afluente.

En este último análisis nos dimos a la tarea de examinar los monitoreos realizados por la CEA sobre la calidad del agua en la presa El Ahogado en el periodo 2009-2017⁵⁴. Estas acciones se han llevado a cabo por las exigencias de la Macro recomendación emitida por la Comisión Estatal de Derechos Humanos. La dependencia estatal encargada del saneamiento del agua tiene diversos puntos de muestreo situados a lo largo del río Santiago, por lo regular cercanos a complejos urbano-industriales. Uno de sus estudios se localiza en el arroyo El Ahogado, antes y después de salir de la presa en cuestión (Mapa 7).

En el Mapa 7 podemos apreciar la conexión existente entre los puntos de muestreo antes de su salida hacia el

río Santiago. El primero de ellos se localiza en la carretera a Chapala (triángulo amarillo) frente al aeropuerto internacional de Guadalajara. Y el segundo (triángulo verde), aguas abajo en la localidad de El Muey, tras pasar el parque industrial de El Salto (ambas localizaciones en el municipio saltense). La CEA monitoreó la calidad del agua antes de entrar y al salir de la PTAR⁵⁵. Por lo tanto, la degradación ambiental se verá reflejada tanto en los resultados mostrados por la dependencia estatal, como en los estudios analizados. A continuación, se muestra una gráfica en la que se exhiben los parámetros analizados de cinco metales pesados⁵⁶ (bario, cromo, hierro, mercurio y zinc) (Gráfico 1).

Durante el periodo 2009-2017 la CEA tomó 78 muestras de este cuerpo de agua que desemboca en la presa El Ahogado, para después conectarse con el río Santiago. Con base en los lineamientos de calidad del agua de la CONAGUA y la Ley Federal de Derechos, Disposiciones Aplicables en Materia de Aguas Nacionales⁵⁷, la dependencia analizó cerca de cincuenta parámetros en el agua, entre los que se encontraban los siguientes: acidez total, alcalinidad total, cloruro total, color verdadero, conductividad, demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno, aluminio, bario, cromo, hierro, mercurio, zinc, etc. El zinc es uno de los metales con mayor presencia en este afluente, 72 de 78 análisis se encontraron fuera de norma (0,02 miligramos por litro como límite máximo). El segundo metal presente en los cuerpos de agua fue el mercurio, 33 de 78 muestras estaban fuera de norma (0,0005 miligramos por litro como límite máximo) a la entrada de la presa. Asimismo, a la salida aumentó a 41 tomas desfavorables. El tercer rango más alto lo constituyó el hierro con 38 pruebas fuera del límite permitido. El cuarto es el cromo, que no representa riesgo alguno de acuerdo con los resultados mostrados (cuatro pruebas de riesgo). Y el último es el bario con 48 análisis patógenos (0,01 mg/l límite máximo permitido). En la revisión del sistema de calidad del agua de la CEA encontramos otros resultados en los que podemos observar la magnitud del problema ambiental. Por ejemplo, la presencia del aluminio (0,05

⁵⁰. Greenpeace, 2016, 3.

⁵¹. <https://cronicadesociales.org/2018/02/14/la-azucena-la-historia-que-se-detuvo-hace-diez-anos/>

⁵². Greenpeace, 2016.

⁵³. Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología del Estado de Jalisco, 2012, 11.

⁵⁴. <http://info.ceajalisco.gob.mx/sca/>

⁵⁵. En el estudio no se explica la metodología utilizada para elegir estos dos puntos. Para nuestros fines científicos, conocer estos dos puntos -antes de llegar a la planta de tratamiento y a la salida de la misma- nos sirvió para comparar la situación ambiental, junto a los otros trabajos. En la investigación se señalan otros puntos de monitoreo de calidad de agua (15 en total) relacionados con el recorrido del río Santiago y el río Zula.

⁵⁶. Este criterio tiene fundamento en las muestras fuera de norma que ha encontrado la Comisión Estatal del Agua (2017) y los trabajos de Arellano Aguilar, Ortega Elorza y Gesundheit Montero (2012 y 2013).

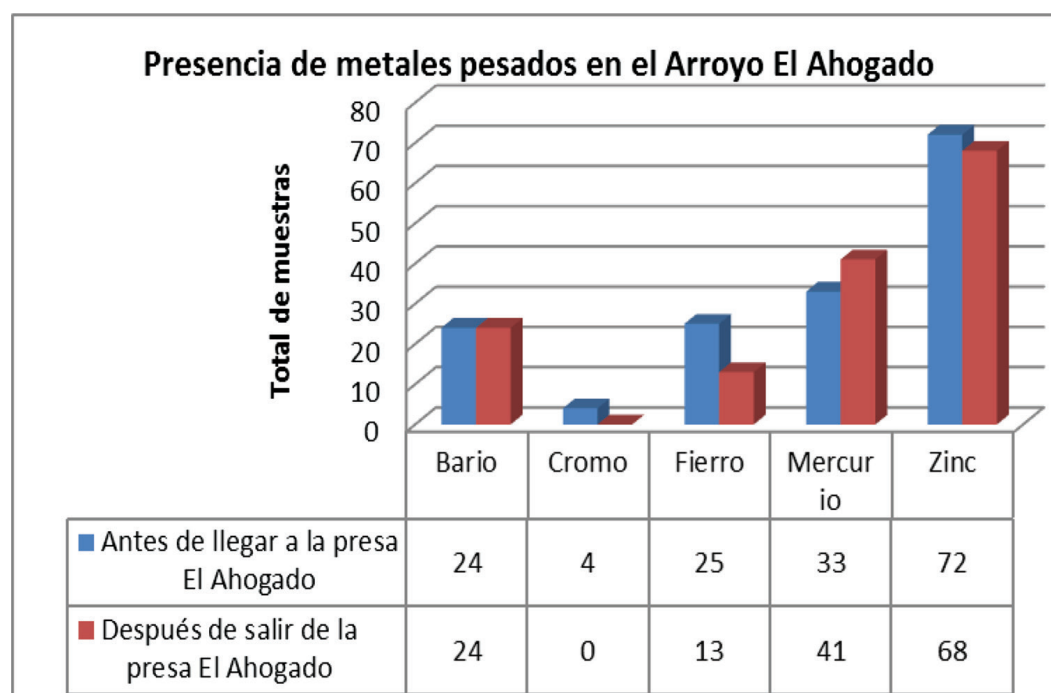
⁵⁷. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/105137/Ley_Aguas_Nacionales.pdf

Mapa 7. Puntos de muestreo de la CEA



Fuente: elaboración propia con base en la página web de la CEA <http://info.ceajalisco.gob.mx/sca/>

Gráfico 1. Parámetros fuera de norma en el arroyo El Ahogado, 2009-2017



Fuente: elaboración propia con base en los muestreos tomados por la CEA, 2017.

mg/l máx.), que antes de entrar a la presa, mostró 77 de 78 resultados fuera de norma. Y después de la presa, se hallaron 75 de 78 muestras negativas. El valor máximo encontrado en este afluente fue de 14,64 mg/l, cuando lo permitido es 0,05 mg/l.

Otra de las sustancias químicas presentes en el agua fue el fósforo total, 78 de 78 muestras estaban fuera de norma (0,05 mg/l máx.) antes de entrar a la presa y a la salida. Los valores máximos encontrados fueron los siguientes: 11,93 mg/l antes de entrar al embalse y 20 mg/l a su salida. En lo que respecta a las grasas y aceites, 36 de 78 muestras estaban fuera de norma (10 mg/l límite máximo). De igual forma, se encontraron 25 muestras anómalas a la salida de la presa. En cuanto a la DBO₅, 61 muestras estaban fuera de norma antes de entrar a la presa (30 mg/l máximo). Posterior a esta se encontraron 38 muestras que excedían el límite, con valores superiores a 606 mg/l. Por otra parte, la DQO mostró resultados similares, 77 de 78 muestras fuera de norma y 74 de 78 al salir de la presa (40 mg/l máx.). El valor máximo encontrado fue de 610,49 mg/l. De acuerdo con el Índice de Calidad del Agua de la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), estos dos parámetros (DBO₅ y DQO) indican que el agua de este embalse está “fuertemente contaminada”.

La calidad del agua de la presa El Ahogado se encuentra fuera de los parámetros aceptables de acuerdo con las instancias del gobierno federal. La presencia de sustancias químicas en este embalse es resultado de la acumulación de todas las aguas residuales del POFA, constituyendo un riesgo sanitario para las poblaciones que se encuentran no solo a orillas del arroyo y la presa El Ahogado, sino también en un radio más amplio.

La presencia de metales pesados en la presa El Ahogado: vaso regulador del Polígono de Fragilidad Ambiental y posibles efectos en la salud

En un primer momento se revisaron los efectos que producen los metales pesados (bario, cromo, hierro, mercurio y zinc) encontrados en la presa El Ahogado y los riesgos sanitarios a los que están expuestos los habitantes que se encuentran en las inmediaciones de dicho afluente. Se recurrió a la Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades⁵⁸. De aquí en adelante, las descripciones se sustentan en dicha agencia.

El bario es un metal blanco-plateado que existe en el ambiente solo en minerales que contienen mezclas de elementos. Se combina con otras sustancias químicas, por ejemplo, azufre, carbono y oxígeno, para formar compuestos de bario. Se usa para la fabricación de pinturas, ladrillos, cerámicas, vidrio y caucho. Además, es utilizado por las industrias de gas y petróleo. La exposición a este metal puede causar perturbaciones gastrointestinales y debilidad muscular. La ingesta de bario en proporción más elevada a las que ocurren normalmente en los alimentos y el agua puede producir vómitos, calambres estomacales, diarrea, dificultad para respirar, aumento o disminución de la presión sanguínea, adormecimiento de la cara y debilidad muscular.

Las muestras realizadas por la CEA en torno a la presencia de cromo en el agua no sobrepasaban los límites permitidos por la Ley Federal de Derechos, Disposiciones Aplicables en Materia de Aguas Nacionales, 2015. Sin embargo, en nuestros recorridos exploratorios nos hemos percatado de la presencia de varias empresas cromadoras a orillas del arroyo El Ahogado. El cromo se encuentra en forma natural en rocas, animales, plantas y el suelo. El cromo es un metal (0) que se utiliza en la industria acerera. El cromo (VI) y (III) se utilizan en cromado, colorantes y pigmentos, curtido de cuero y preservación de madera. Asimismo, el cromo (III) es un elemento nutritivo de los humanos que contribuye a usar los azúcares, las proteínas y las grasas. La exposición al cromo (VI) puede provocar irritación del revestimiento interno de la nariz, úlceras nasales, secreción nasal y problemas respiratorios tales como asma, tos, falta de aliento o respiración jadeada. El efecto en animales que ingieren compuestos de cromo (VI) son anemia e irritación y úlceras en el estómago y en el intestino delgado. En el campo observamos ganado vacuno pastando por la presa El Ahogado. El Departamento de Salud y Servicios Humanos (DHHS), la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC) y la Agencia de Protección al Ambiente de los E.U.A. han determinado que los compuestos de cromo (VI) son carcinogénicos en seres humanos. Para los trabajadores, la inhalación de cromo (VI) puede producir cáncer de pulmón y en el agua potable puede provocar tumores estomacales.

El hierro es el cuarto elemento más abundante en la corteza terrestre (5 %). Es un metal maleable, tenaz, de color gris plateado y magnético. Este elemento se encuentra en la carne, productos integrales, papas y vegetales. El cuerpo humano lo absorbe de animales más rápido que de las plantas. Es una parte esencial de la hemoglobina: el agente colorante rojo de la sangre que

⁵⁸. https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts22.html

transporta el oxígeno a través de nuestros cuerpos. La inhalación excesiva de óxido de hierro puede provocar cáncer de pulmón⁵⁹.

El mercurio es un metal que se encuentra en el ambiente y tiene varias formas químicas. Es un líquido inodoro, de color blanco-plateado brillante. Al calentarlo se transforma en un gas inodoro e incoloro. Este elemento se utiliza en la producción de gas de cloro y sosa cáustica y también se requiere en termómetros, tapaduras dentales y pilas. El sistema nervioso es muy sensible a todas las formas de mercurio. La exposición a altos niveles de mercurio metálico, inorgánico u orgánico puede causar un daño permanente en los riñones, el cerebro y al feto. La exposición por corto tiempo a altos niveles de vapores de mercurio metálico puede causar lesiones al pulmón, náusea, vómitos, diarrea, aumento de la presión sanguínea o del pulso, sarpullidos e irritación a los ojos. Algunos de estos síntomas son padecidos por pobladores de El Salto y Juanacatlán⁶⁰.

Por último, revisaremos el caso del zinc. Es un elemento que se presenta comúnmente en la corteza terrestre. Se encuentra en el aire, suelo y agua. Se utiliza para evitar el óxido, en baterías de celdas secas y mezclado con otros metales para fabricar aleaciones como el bronce. Inhalar grandes cantidades de zinc puede producir una enfermedad llamada fiebre de vapores de metal, que es generalmente curable. Sin embargo, poco se sabe de los efectos a largo plazo de respirar polvos o vapores de zinc.

La exposición a estos metales pesados, presentes en los cuerpos de agua, pueden afectar a los sistemas nervioso, gastrointestinal y respiratorio de las personas. Como podemos darnos cuenta, la presencia de estos metales en la presa El Ahogado es producto, en su mayoría, de la actividad industrial que se suscita en el POFA, como lo señalan algunos de los estudios revisados. Dicha labor requiere de estos elementos para la elaboración de productos metal-mecánicos, electrónicos, farmacéuticos y alimenticios.

La actividad industrial en el Polígono de Fragilidad Ambiental: una caracterización de la degradación ambiental

En este apartado conoceremos la distribución de la actividad manufacturera establecida al sur de la

ZMG en el POFA. Para ello, se seleccionaron algunas de las actividades manufactureras con base en el Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE). Entre las actividades elegidas se encontraron las siguientes: alimenticia (1.262), metal-mecánica (1.037), plástica (196), química (160), transporte (64), papelera (62), electrónica (36) y textil (31) (Mapa 8).

La mayoría de las empresas manufactureras se encuentran asentadas en periférico sur (en la parte superior del área investigada) entre los límites municipales de Zapopan, Tlaquepaque y Guadalajara. De igual forma, las hallamos hacia el sur de la ZMG, en los municipios de Tlajomulco de Zúñiga, El Salto, Tonalá y Juanacatlán. En suma, existen 2.848 empresas; 2.301 en micro (0 a 10 personas), 366 en pequeña (11 a 50 personas), 124 en mediana (51 a 250 personas) y 57 en grande (250 y más)⁶¹. Dicha concentración fabril y urbana ha generado una degradación ambiental presente en los escurrimientos de la cuenca El Ahogado que forma parte del POFA. De esta forma, “se hace todo por buscar y explotar nuevas fuentes de abasto, sin contemplar estrategias para cuidar, sanear y reusar el agua”⁶² (Mapa 9).

Con base en el Mapa 9 podemos darnos una idea de lo que representa la actividad manufacturera (color gris) y los asentamientos humanos (puntos rojos y azules) en el sistema de una cuenca hidrológica. Las aguas residuales (triángulos) provenientes de estos sectores son conducidas a través de las corrientes superficiales aguas arriba (desde el bosque La Primavera y todo periférico sur) hacia la parte baja de la misma (presa El Ahogado). En ese contexto, podemos encontrar una diversidad de empresas asentadas en dicho territorio, predominando las industrias alimenticias y metal-mecánicas (Gráfico 2).

La actividad manufacturera en el POFA representa el 24 % de la producción manufacturera de la ZMG y el 14 % de lo que se genera en el estado de Jalisco. Sin lugar a dudas, la industria asentada en este territorio forma parte del funcionamiento de la economía local, nacional e internacional. De la misma manera, es parte de la degradación ambiental. Estas actividades productivas y los asentamientos urbanos se han desplegado en el acuífero de Toluquilla. El mismo se encuentra sujeto a la disposición de tres decretos de veda: 1951, 1976 y

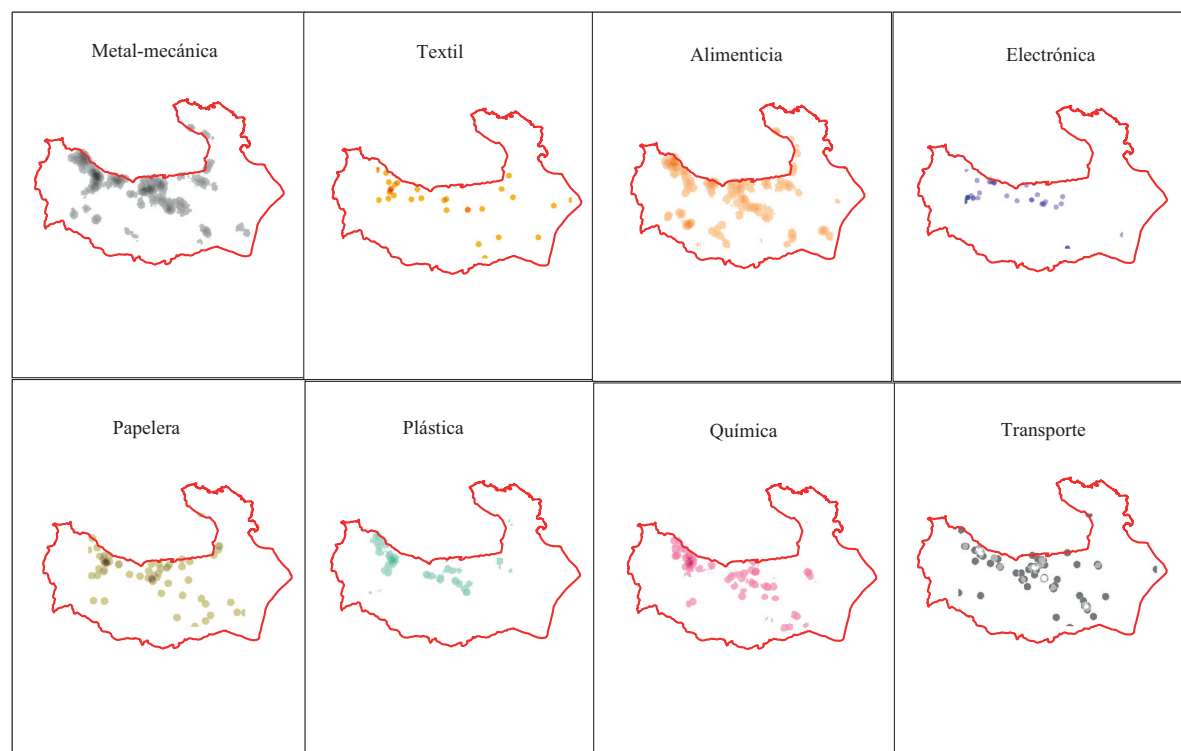
⁵⁹. <https://www.lenntech.es/periodica/elementos/fe.htm>

⁶⁰. <http://www.udg.mx/es/noticia/encuentran-metales-pesados-y-bacterias-en-aire-y-suelo-de-el-salto-y-juanacatlan>

⁶¹. Estas unidades económicas son las que reconoce el Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Consultar en https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/ce/2009/doc/minimonografias/m_pymes.pdf

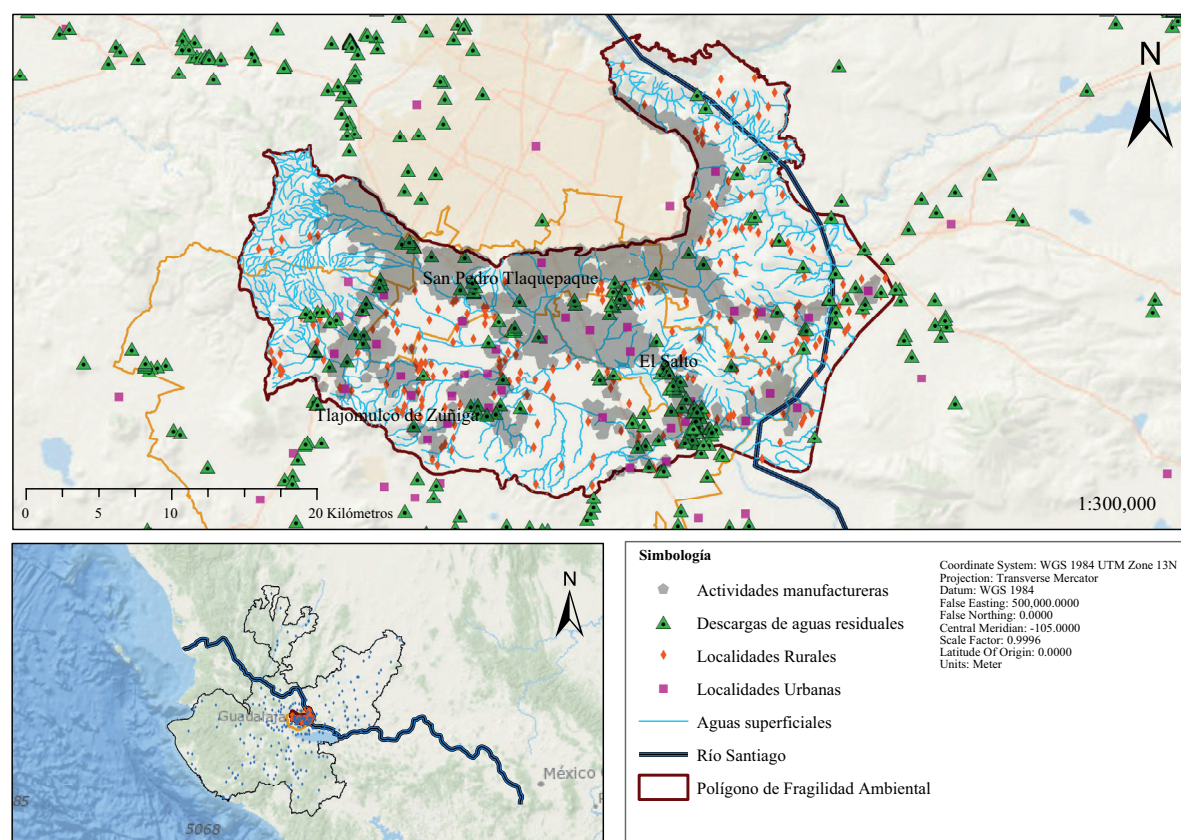
⁶². Lezama Escalante, 2018, 81.

Mapa 8. Empresas manufactureras en el POFA



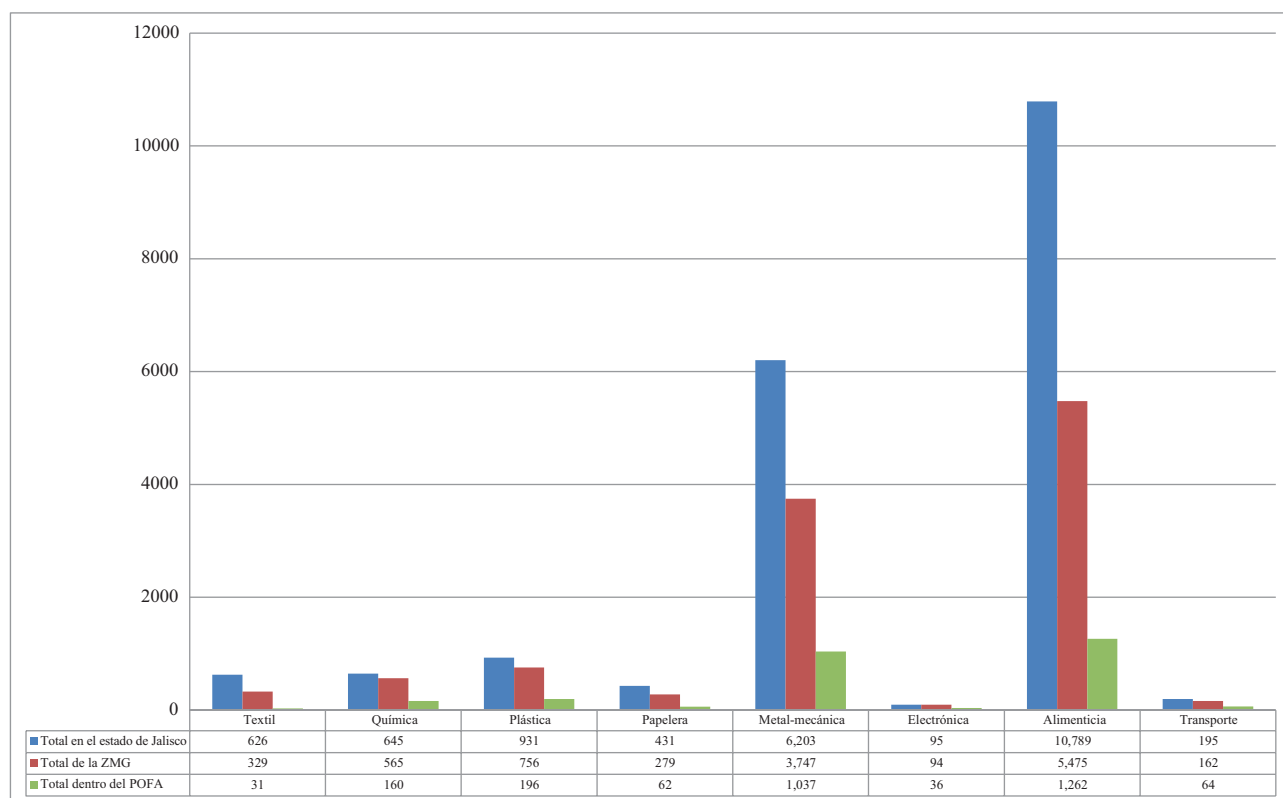
Fuente: elaboración propia con base en la página web del DENUE <https://www.inegi.org.mx/app/mapa/denue/>

Mapa 9. Corrientes superficiales, descargas residuales, industria y asentamientos humanos, 2018



Fuente: elaboración propia con base en <https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/registro-de-emisiones-y-transferencia-de-contaminantes-retc>

Gráfico 2. Industria manufacturera en Jalisco, ZMG y POFA, 2010



Fuente: elaboración propia, con base en DENUE, 2018.

1984. En el primero de ellos se expresaba lo siguiente: “[...] se establece veda por tiempo indefinido para la construcción o ampliación de obras de alumbramiento de aguas del subsuelo en los Valles de Atemajac, Tesis-tán y Toluquilla, Jal.”⁶³ (Mapa 10).

En el Mapa 10 podemos observar que el acuífero cuenta con una extensión de 632 km², lo que representa el 84,80 % de la superficie total del POFA (línea roja). En un sentido estricto y bajo las condiciones en las que se encuentra el acuífero, no se debería permitir la construcción de viviendas en estos límites⁶⁴. En el caso de El Salto, donde se concentra la mayor parte de las empresas manufactureras (grandes) y su superficie total está en la zona de veda, la industria es la mayor beneficiaria. Este sector tiene 51 concesiones ante la CONAGUA, seguido de los servicios: 26, agrícola: 12, público y diferentes usos con 9 cada uno, doméstico: 2 y pecuario con 1⁶⁵. La industria —como se señala en

el párrafo anterior— tiene un número de concesiones mayor que el resto de los sectores. En algunos fraccionamientos de El Salto⁶⁶ y Tlajomulco de Zúñiga, los pobladores han tenido que salir a las calles para exigir el abastecimiento regular del servicio de agua potable. Esto nos habla de una desigualdad social en el reparto del recurso, violando así el Derecho Humano Universal al Agua (Figura 1).

En la Figura 1 observamos a los pobladores de tres colonias: Lomas del Verde Ejidal, Lomas de San Juan y Jardines del Verde, pertenecientes al municipio de El Salto, Jalisco. Ellos son producto de ese crecimiento metropolitano, desordenado, y de los incumplimientos de la autoridad municipal en la dotación de los servicios públicos. Llevaban casi once años sin servicio de agua potable (el municipio los abastecía por medio de camiones cisterna, pero era insuficiente). Y así como ellos, la escasez de agua la padecen los habitantes de nuevos fraccionamientos⁶⁷ en otras partes del POFA.

⁶³. CONAGUA, 2015, 5.

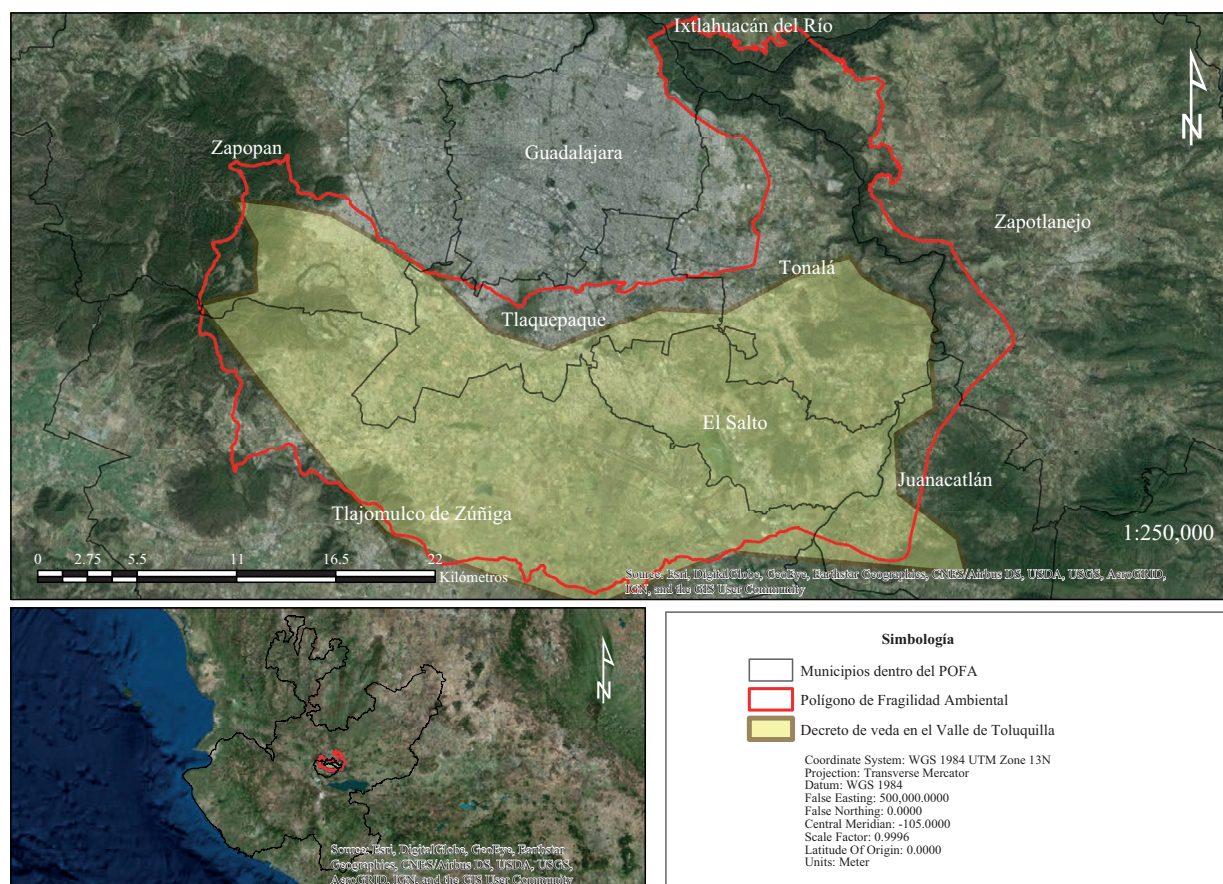
⁶⁴. En primera instancia porque en los pozos que abastecen a la población se han detectado “concentraciones superiores a las establecidas como límites máximos permisibles por la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994 para el agua destinada al consumo humano de los siguientes elementos: Fe, Mn, Hg, Mg y As” (CONAGUA, 2015, 8). Asimismo, en 1995 se habían detectado casos de fluorosis entre los habitantes.

⁶⁵. Consultado en <http://sina.conagua.gob.mx/sina/tema.php?tema=usosAgua>.

⁶⁶. Cerca de veinte personas del fraccionamiento La Azucena bloquearon la carretera a El Salto con el propósito de que se le dotara del servicio de agua potable ya que tenían varios días sin el servicio. *El occidental*, 2007 <https://www.eloccidental.com.mx/local/desesperados-habitantes-de-el-salto-por-la-falta-de-agua-1295308.html>

⁶⁷. En los últimos quince años me ha tocado presenciar estas manifestaciones en los fraccionamientos de Parques del Castillo, La Azucena, Villas de la Alameda y los tres casos mencionados en el texto.

Mapa 10. Veda en el acuífero de Toluquilla en el POFA, 2010



Fuente: elaboración propia con base en CONAGUA, 2010 y SEMADET, 2018.

Figura 1. Pobladores del municipio de El Salto, Jalisco, México



Fuente: Enrique Castillo Figueroa.

Aportaciones

Con base en los trabajos analizados, referentes a la calidad del agua superficial, se realizó una proyección socioambiental. En consecuencia, 149.955 habitantes localizados a una distancia de 5 km del arroyo El Ahogado (por ambos lados del afluente) estarían expuestos a los riesgos sanitarios, distribuidos en parte de los municipios de Guadalajara, Tlajomulco de Zúñiga, Tlaquepaque, Juanacatlán y El Salto. Estas aguas se unen con el río Santiago y, de acuerdo con nuestro cálculo, 407.781 habitantes más se encontrarían expuestos a los mismos padecimientos. En este sentido, se sumarían los pobladores de los municipios de Zapotlanejo, Tonalá e Ixtlahuacán del Río. Junto a los mencionados con anterioridad hablamos de un total de 557.736 personas expuestas a la presencia de metales pesados en el agua superficial.

Los problemas de salud que se pueden presentar en la población del resto del POFA, en relación con las sustancias peligrosas encontradas en el agua superficial, son los siguientes: molestias gastrointestinales, debilidad muscular, irritación en vías respiratorias, úlceras nasales, secreción nasal y problemas respiratorios (tos, falta de aliento o respiración). Otros de los efectos son el daño permanente en los riñones, el cerebro, náuseas, vómitos, diarrea, aumento de la presión sanguínea o del pulso, sarpullidos e irritación en los ojos, así como cáncer de pulmón y daños a los fetos.

Estamos frente a la re-victimización del espacio socioambiental, es decir, la industria se asentó en un sistema hídrico que había sido utilizado por la actividad agrícola a inicios del siglo XX. No obstante, y como se corroboró en los mapas, existen aún 11 presas que captan el agua para la actividad agropecuaria. La cuestión es, ¿qué calidad de agua reciben, si en el mismo espacio existen 2.848 empresas manufactureras y no existe un registro de las que tienen o no PTAR?

Conclusiones

La expansión de la ciudad de Guadalajara y su zona metropolitana se ha dado de una forma desordenada hacia el sur de esta, donde la industria se asentó desde hace 40 años. Esto ha generado una serie de problemáticas urbanas y ha puesto en evidencia el deterioro ambiental. Los gobiernos municipales y la autoridad que se les confiere en el artículo 115 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, han otorgado a la iniciativa privada permisos para la

construcción de viviendas de interés social⁶⁸. En este caso, ejemplificamos lo acontecido en el municipio de Tlajomulco de Zúñiga, que creció a una tasa del 12,92 (mayor al resto de los municipios metropolitanos). En el año 2006 se construyeron en esta localidad 53.798 viviendas. Esto significa que, a partir de este año, se sumarían 236.711 habitantes al territorio (con base al promedio de 4,4 habitantes por vivienda, de acuerdo con el censo de población y vivienda, 2000). En el POFA viven 1.411.099 habitantes, que representan el 32 % de la población total de la ZMG. Las acciones realizadas por las autoridades del estado de Jalisco no han sido suficientes para reducir la contaminación del agua superficial. Así lo demuestran los trabajos aquí analizados.

La propia autoridad estatal y federal ha documentado el deterioro ambiental de esta parte del estado de Jalisco desde la década de 1980. Con base en nuestros cálculos realizados y representados gráficamente, 2.848 empresas manufactureras (pequeñas, medianas y grandes) se encuentran instaladas en el POFA. Estas representan el 24 % de la producción en la ZMG y el 14 % del total de la entidad jalisciense. Existe una correspondencia entre la presencia industrial y la de los metales pesados en la parte baja del POFA⁶⁹. Tres de los trabajos analizados⁷⁰ encontraron en el agua superficial: arsénico, cadmio, cromo, mercurio, plomo y níquel. Se ha demostrado que la presencia de los contaminantes no solo se encuentra en los cuerpos de agua (río Santiago, arroyo y presa El Ahogado), sino que está presente también en los organismos de la población infantil (en algunas localidades dentro de este espacio geográfico)⁷¹.

El Estado propició el cambio de uso de suelo con la promesa de desarrollar económicamente la región. A lo largo de 40 años ha documentado la degradación ambiental y no fue sino hasta el año 2010 cuando reconoció la gravedad de la contaminación del agua superficial tras las exigencias de la población organizada en los municipios de El Salto y Juanacatlán. No obstante, las medidas adoptadas no han sido suficientes para reducir el impacto ambiental en esta zona. Por lo tanto, y como se reconoció en los trabajos analizados, continúa la presencia de metales pesados y

⁶⁸. Para personas trabajadoras con crédito otorgado por el Estado a pagar entre 30 y 35 años.

⁶⁹. Arellano Aguilar, Ortega Elorza y Gesundheit Montero, 2013.

⁷⁰. Comisión Estatal del Agua y Ayma, 2006. Comisión Estatal del Agua, 2017. Arellano Aguilar, Ortega Elorza y Gesundheit Montero, 2012 y 2013.

⁷¹. Universidad Autónoma de San Luis Potosí y Comisión Estatal del Agua, 2010.

otras sustancias peligrosas en el arroyo y la presa El Ahogado.

Los gobiernos municipales y las empresas inmobiliarias condenan a nuevos pobladores, quienes no investigan los riesgos ambientales, la cobertura de servicios urbanos y adquieren viviendas dentro del POFA. En este espacio se ha decretado una veda en la perforación y extracción de aguas subterráneas. Lo que nos parece incongruente es que se permita al mismo tiempo el crecimiento poblacional hacia esta zona. En algunas localidades de El Salto (La Azucena, Lomas del Verde Ejidal y Parques del Castillo), los pobladores han cerrado vías para exigir el abastecimiento de agua. Eso nos parece desigual, ya que la industria no ha parado sus actividades por falta del líquido.

En este trabajo se pudo comprobar que la contaminación del agua superficial no se genera solo al sur de la ZMG, sino que involucra a otros estados de la República Mexicana (Guanajuato, Estado de México, Michoacán, Jalisco y Nayarit). Este último recibe las aguas residuales que se producen en los Estados mencionados antes de desembocar en el Océano Pacífico, lo cual nos habla de una degradación ambiental que inicia en lo local, para impactar en lo global.

Han pasado 40 años del primer indicio de degradación ambiental, registrado por una dependencia del gobierno federal, y no se ha reconocido aún la relación existente entre las enfermedades de los pobladores y la contaminación del agua a pesar de sus propios estudios limnológicos y epidemiológicos en los que se ha demostrado que los metales pesados y otras sustancias se encuentran en el organismo de los niños. Es un espacio etiquetado y revictimizado en que la industria no carece de agua y contamina. Por otra parte, los habitantes quedan expuestos a la degradación ambiental y a los riesgos sanitarios.

Bibliografía

- Aledo, A.** 2006: "Desigualdad y grandes obras públicas: la ampliación del Canal de Panamá", *Portularia*, VI (2), 59-87. <http://rabida.uhu.es/dspace/bitstream/handle/10272/526/b1520088.pdf>
- Arellano-Aguilar, O., Ortega Elorza, L. y Gesundheit Montero, P.** 2012: *Estudio de la contaminación en la cuenca del río Santiago y la salud pública en la región*. México, Agrupación un Salto de Vida A.C., Greenpeace, Unión de Científicos comprometidos con la Sociedad. <https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2016/04/Estudio-de-la-contaminacion-en-la-cuenca-del-rio-santiago-y-la-salud-publica-en-el-region.pdf>
- Arellano Aguilar, O., Ortega Elorza, L. y Gesundheit Montero, P.** 2013: "Distribución espacial de las fuentes de contaminación fija en el alto Santiago" en Peniche, S., Romero, M., Cortés, J. H., González, F., Guzmán, M., Macías, E. y Zavala, G.: *Gobernanza del agua en las ciudades*. México, Universidad de Guadalajara, 155-170.
- AYMA Ingeniería y Consultoría**, 2003: *Estudio de monitoreo y modelación de la calidad del agua de los ríos Santiago y Verde del estado de Jalisco*. México, Comisión Estatal de Agua y Saneamiento (CEAS) Jalisco.
- Beck, U.** 1986: *La sociedad del riesgo. Hacia una nueva modernidad*. Barcelona (España), Paidós Ibérica.
- Castillo, E.** 2019: *Construcción social del espacio en torno a la fragilidad ambiental al sur de la Zona Metropolitana de Guadalajara: el caso de las poblaciones La Huizachera, El Salto y Villas de la Alameda, Tlajomulco de Zúñiga*, tesis de doctorado, Universidad de Guadalajara, Guadalajara (México).
- Comisión Estatal del Agua.** 2017: *Sistema de Calidad de Agua*. CEA. <http://info.ceajalisco.gob.mx/sca/>
- Comisión Estatal del Agua y AyMA Ingeniería y Consultoría, S.A. de C.V.** 2006: *Identificación y caracterización de fuentes de contaminación de la cuenca directa del río Santiago, entre los municipios de Ocotlán y Tonalá, y directa del río Zula*. http://info.ceajalisco.gob.mx/transparencia/pdf/ops/rio_santiago/presentacion_ejecutiva.pdf
- CONAGUA**, 2010: *Decreto que declara de interés público la conservación de los mantos acuíferos de la zona circunvecina a la veda de los Valles de Atemajac, Tesistán y Toluquilla, Jal.* http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4843828&fecha=07/04/1976
- CONAGUA**, 2015: *Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Toluquilla (1402), Estado de Jalisco*. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 20 de abril de 2015.
- Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología del Estado de Jalisco.** 2012: *Diagnóstico Integral del Polígono de Fragilidad Ambiental (POFA) y su entorno 2012*. Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco.
- Cousido, M. A.** 2010: "Contaminación de cuencas con residuos industriales: estudio del caso Matanza Riachuelo, Argentina", *Revista CENIC. Ciencias Químicas*, 41, 1-11. <https://www.redalyc.org/pdf/1816/181620500023.pdf>
- DENUE**, 2018: *Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas*. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/app/mapa/denue/default.aspx>
- Droste, R.** 1997: *Theory and practice of water and wastewater treatment*. New York (Estados Unidos de América), John Wiley & Sons Inc.
- Durán, J. M., y Torres, A.** 2009: "La sustentabilidad de la cuenca del río Santiago y su relación con la metropolización de Guadalajara", *Tempo-Revista Cultura, Tecnología y Patrimonio*, 4 (7), 1-10.

- González, E.** 1987: *El Salto. Industria y urbanización de Guadalajara*, tesis de licenciatura, Universidad de Guadalajara, Guadalajara (México).
- Greenpeace**, 2016: *Alto a la catástrofe ecológica del río Santiago. Reporte técnico*. <https://www.business-humanrights.org/sites/default/files/documents/Reporte%20Alto%20a%20la%20%20Cat%C3%A1strofe%20Ecol%C3%B3gica%20de%20R%C3%ADo%20Santiago.pdf>
- Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA)**, 2011: *Actualización del estudio de calidad del agua del río Santiago (desde su nacimiento en el lago de Chapala, hasta la presa Santa Rosa)*. México, CEA Jalisco/Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. <https://docplayer.es/31366200-Actualizacion-del-estudio-de-calidad-del-agua-del-rio-santiago-desde-su-nacimiento-en-el-lago-de-chapala-hasta-la-presa-santa-rosa-contenido.html>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)**, 2000: *XII Censo General de Población y Vivienda*. Consultado en <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2000/>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)**. 2010: *Censo de Población y Vivienda*. Consultado en <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2010/>
- Leff, E.** 2014: *La apuesta por la vida. Imaginación sociológica e imaginarios sociales en los territorios ambientales del sur*. México, Voces editora.
- Lezama Escalante, C.** 2018: "Los costes sociales del proyecto de la presa El Zapotillo: el caso de Temacapulín", *Agua y Territorio*, 12, 71-82. <https://doi.org/10.17561/at.12.4070>
- Marques Harres, M.** 2018: "Águas poluídas: uma história da poluição hídrica na Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos, RS", *Agua y Territorio*, 11, 70-82. <https://doi.org/10.17561/at.11.2439>
- McCulligh, C., Páez, J. C. y Moya, G.** 2007: *Mártires del Río Santiago*. Guadalajara (México), Instituto Mexicano para el Desarrollo Comunitario, A. C. IMDEC, A. C., Instituto de Valores Integrales y Desarrollo Ambiental, (VIDA) A. C. <http://hdl.handle.net/11117/5338>
- McCulligh, C., Tetreault, D. y Martínez, P.** 2012: "Conflicto y contaminación: El movimiento socio-ecológico en torno al río Santiago", en Ochoa García, H. y Bürkner, H. J. (Coords.): *Gobernanza y gestión del agua en el occidente de México: la metrópoli de Guadalajara*. Guadalajara (México), ITESO, 129-172. <http://hdl.handle.net/11117/451>
- Meira Cartea, P. A.** 2006: "Elogio de la educación ambiental", *Trayectorias*, VIII (20-21), 41-51. <http://trayectorias.uanl.mx/20y21/dossier/elocio.pdf>
- Ochoa García, H.** 2012: "Gestión del agua en la periferia urbana: Tlajomulco de Zúñiga", en Ochoa García, H. y Bürkner, H. J. (Coords.): *Gobernanza y gestión del agua en el occidente de México: la metrópoli de Guadalajara*. Guadalajara (México), ITESO, 245-282. <http://hdl.handle.net/11117/451>
- OMS.** 2020: "Enfermedades y riesgos asociados a las deficiencias en los servicios de agua y saneamiento". https://www.who.int/water_sanitation_health/diseases-risks/es/
- Rojas-Ramírez, J. J. P.** 2018: "Modelo analítico sobre los conflictos intergubernamentales por el agua en la cuenca Lerma, México", *Agua y Territorio*, 12, 95-104. <https://doi.org/10.17561/at.12.4072>
- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Subsecretaría de Planeación (SARH)**. 1980: *Características de Calidad de Agua de la Presa El Ahogado en el Estado de Jalisco*. Guadalajara, Centro de Estudios Limnológicos. https://www.inecc.gob.mx/repositorio/ae/ae_003128.pdf
- SEMADET**, 2018: *Polígono de Fragilidad Ambiental (POFA)*. Consultado en <http://sigat.semadet.jalisco.gob.mx/mx-sig/>
- Torres-Rodríguez, A.** 2018: "Las metrópolis y sus periferias: cinturones de marginación, pobreza y desechos urbanos en la ZMG", *Agua y Territorio*, 12, 25-38. <https://doi.org/10.17561/at.12.4066>
- Universidad Autónoma de San Luis Potosí y Comisión Estatal del Agua Jalisco**. 2010: *Propuesta metodológica para la implantación de una batería de indicadores de salud que favorezcan el establecimiento de programas de diagnóstico, intervención y vigilancia epidemiológica en las poblaciones ubicadas en la zona de influencia del proyecto de la presa Arcediano en el estado de Jalisco*. Guadalajara (México), CEA. https://transparencia.info.jalisco.gob.mx/sites/default/files/INFORME%20FINAL%20ARCEDIANO_CEA_UEAS_JALISCO_2011_1%20-%20copia_opt.pdf
- Verkasalo, P. K., Kokki, E., Pukkala, E., Vartiainen, T., Kiviranta, H., Penttinen, A. & Pekkanen, J.** 2004: "Cancer Risk Near a Polluted River in Finland", *Environmental Health Perspectives*, 112 (9), 1026-1031. <https://doi.org/10.1289/ehp.6741>

Depuración de Aguas Residuales y uso De Aguas Regeneradas: Un Análisis Descriptivo del Caso de la Provincia de Jaén

Wastewater Treatment and Use of Reclaimed Water: A Descriptive Analysis of The Case of The Province of Jaén

Encarnación Moral Pajares

Universidad de Jaén

Jaén, España

emoral@ujaen.es

 <https://orcid.org/0000-0003-4790-0623>

Leticia Gallego Valero

Universidad de Jaén

Jaén, España

lgallego@ujaen.es

 <https://orcid.org/0000-0002-2682-6834>

Francisco García Moral

Universidad de Jaén

Jaén, España

fgm00030@red.ujaen.es

 <https://orcid.org/0000-0003-3128-1696>

Isabel M. Román Sánchez

Universidad de Almería

Almería, España

iroman@ual.es

 <https://orcid.org/0000-0002-0098-4789>

Información del artículo:

Recibido: 7 octubre 2019

Revisado: 13 diciembre 2019

Aceptado: 27 marzo 2020

ISSN 2340-8472

ISSNe 2340-7743

DOI 10.17561/AT.17.4988

© CC-BY-SA

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

RESUMEN

En 1991 se aprueba la Directiva 91/271/CEE que exige que las aguas residuales urbanas de los países de la UE sean tratadas antes de ser vertidas, favoreciendo su reutilización. El análisis exploratorio realizado permite afirmar que veintiséis años después de la aprobación de esta norma continúan existiendo municipios en Europa que no tratan las aguas servidas o lo hacen de forma incorrecta. Una realidad que influye negativamente en el estado ecológico y químico de los recursos hídricos, los ecosistemas naturales y la biodiversidad. Jaén, una provincia del sur de España, con 64 centros urbanos obligados a depurar las aguas vertidas, presenta en 2017 un elevado déficit en capacidad de tratamiento, siendo prácticamente nulo el volumen de agua reutilizada. Una situación que influye sobre las condiciones del medio natural hídrico.

PALABRAS CLAVE: Agua residual, Reutilización, Tratamientos, Unión Europea, Jaén.

ABSTRACT

In 1991, Directive 91/271/EEC was approved, requiring that urban wastewater from EU countries be treated before being discharged, favoring its reuse. The exploratory analysis carried out allows us to affirm there are municipalities in Europe that do not treat sewage or do it incorrectly twenty-six years after the approval of this norm. A reality that negatively influences the ecological and chemical state of water resources, natural ecosystems and biodiversity. Jaen, a province in southern Spain, with 64 urban centers forced to purify sewage, presents a high deficit in the purification capacity in 2017, with the volume of reused water being practically null. A situation that influences the conditions of the natural hydrological environment of the province.

KEYWORDS: Wastewater, Reuse, Treatment, European Union, Jaen.

Tratamento de águas residuais e uso de água regenerada: uma análise descritiva do caso da província de Jaén

SUMÁRIO

Em 1991, a Diretiva 91/271/CEE foi aprovada, exigindo que as águas residuais urbanas dos países da UE fossem tratadas antes de serem descarregadas, incentivando assim sua reutilização. A análise exploratória realizada nos permite afirmar que vinte e seis anos após a aprovação desta norma, ainda existem municípios na Europa que não tratam suas águas residuais ou o fazem de forma incorreta. Esta realidade tem uma influência negativa sobre o estado ecológico e químico dos recursos hídricos, dos ecossistemas naturais e da biodiversidade. Jaén, uma província do sul da Espanha, com 64 centros urbanos obrigados a tratar suas águas residuais, apresenta um alto déficit na capacidade de tratamento em 2017, com praticamente nenhuma água sendo reutilizada. Uma situação que influencia as condições do ambiente natural da água.

PALAVRAS-CHAVE: Águas residuais, Reutilização, Tratamentos, União Européia, Jaén.

Traitement des eaux usées et utilisation des eaux régénérées : analyse descriptive du cas de la province de Jaén

RÉSUMÉ

En 1991, la directive 91/271/CEE a été approuvée, exigeant que les eaux urbaines résiduaires des pays de l'UE soient traitées avant d'être rejetées, ce qui encourage leur réutilisation. L'analyse exploratoire effectuée nous permet d'affirmer que vingt-six ans après l'approbation de cette norme, il y a encore des municipalités en Europe qui ne traitent pas leurs eaux usées ou qui le font incorrectement. Cette réalité a une influence négative sur l'état écologique et chimique des ressources en eau, des écosystèmes naturels et de la biodiversité. Jaén, une province du sud de l'Espagne, avec 64 centres urbains obligés de traiter leurs eaux usées, présente un déficit important de capacité de traitement en 2017, avec pratiquement aucune réutilisation de l'eau. Une situation qui influence les conditions de l'environnement naturel de l'eau.

MOTS-CLÉS: Eaux usées, Réutilisation, Traitements, Union européenne, Jaén.

Trattamento delle acque reflue e utilizzo delle acque rigenerate: un'analisi descrittiva del caso della provincia di Jaén

SOMMARIO

Nel 1991 è stata approvata la direttiva 91/271/CEE, che impone di trattare le acque reflue urbane dei paesi dell'UE prima di essere scaricate, incoraggiandone così il riutilizzo. L'analisi esplorativa effettuata ci permette di affermare che ventisei anni dopo l'approvazione di questa norma, ci sono ancora comuni in Europa che non trattano le loro acque reflue o lo fanno in modo non corretto. Questa realtà ha un'influenza negativa sullo stato ecologico e chimico delle risorse idriche, degli ecosistemi naturali e della biodiversità. Jaén, una provincia nel sud della Spagna, con 64 centri urbani obbligati a trattare le loro acque reflue, presenta un alto deficit di capacità di trattamento nel 2017, con praticamente nessun riutilizzo dell'acqua. Una situazione che influenza le condizioni dell'ambiente naturale dell'acqua.

PAROLE CHIAVE: Acque reflue, Riutilizzo, Trattamenti, Unione Europea, Jaén.

Introducción¹

La importancia del agua para el desarrollo de la sociedad, el medio ambiente y la economía justifica que en 2010 la ONU reconociera como derecho humano el derecho al agua y al saneamiento. Posteriormente, en 2015, la Asamblea General de la ONU contempla el derecho a “un saneamiento que sea saludable, higiénico, seguro, social, culturalmente aceptable, que garantice la intimidad y la dignidad, considerando la premisa “agua limpia y saneamiento” como uno de los 17 objetivos globales de la Agenda para el desarrollo sostenible 2030, aprobada el 25 de septiembre de 2015. Concretamente, la meta 6.3 de dicha Agenda establece: “Mejorar la calidad del agua mediante la reducción de la contaminación, la eliminación del vertimiento y la reducción al mínimo de la descarga de materiales y productos químicos peligrosos, la reducción a la mitad del porcentaje de aguas residuales sin tratar y un aumento sustancial del reciclado y la reutilización en condiciones de seguridad a nivel mundial”. La adecuada gestión de este recurso también se encuentra incluido en el objetivo 15 (acción sobre el clima, eficiencia, recursos y materias primas) de la Estrategia Española de Ciencia y Tecnología de la Innovación 2020, y coincide con la política de la Unión Europea para garantizar la sostenibilidad de las aguas comunitarias, concretada en la Directiva 91/271/CEE y, posteriormente, la Directiva Marco del Agua 2000/60/CE. En esta línea se incluye, además, la propuesta de la OCDE en el marco de las Perspectivas Ambientales para el 2050, entre las que se considera la necesidad de protección de los medios hídricos.

Las crecientes exigencias sanitarias y ambientales sobre la calidad de las aguas continentales y marinas y los estrictos niveles de tratamiento impuestos a los vertidos de aguas residuales han propiciado que los recursos hídricos regenerados se configuren en una opción adecuada para incrementar la oferta disponible². Paralelamente, la continua expansión de la demanda de agua, tanto por parte de la población como del sistema productivo, especialmente la agricultura, a la que se destina el 70 por 100 del agua dulce extraída del

planeta³, la sequía, el agotamiento y la dependencia de fuentes únicas de suministro han provocado que comunidades de todo el mundo se enfrenten a problemas de abastecimiento⁴. Ante esta realidad, los procesos de reutilización de agua residual se configuran como una herramienta fundamental para conseguir que aumente el recurso disponible, como una fuente alternativa de abastecimiento, económica y segura desde el punto de vista sanitario y ambiental⁵, que permite una menor dependencia de las fuentes subterráneas y superficiales⁶. La regeneración y reutilización de los efluentes vertidos es ya una práctica habitual implementada en países como Francia, Italia, Chipre, Malta, Israel, Jordania o Estados Unidos; siendo su destino principal el riego de jardines y, sobre todo, la agricultura⁷. En este sentido, conviene mencionar el proyecto SUWANU EUROPE⁸ desarrollado desde la UE y que tiene como propósito impulsar el uso de aguas regeneradas en la agricultura.

El objetivo de esta investigación es conocer la situación que presenta el sistema de gestión de las aguas residuales en Jaén, una provincia del sur de España de marcada especialización oleícola⁹, y analizar cómo los efluentes hídricos depurados se emplean para el regadío agrícola. Los trabajos sobre los distintos aspectos de la gestión del agua en esta provincia son escasos, pudiéndose destacar el desarrollado a nivel local por el Ayuntamiento de Jaén en 2013, el publicado por la Diputación Provincial en 2003, con el título: “Ciclo integral del agua. Abastecimiento, tratamiento y distribución de agua potable; consumo de agua potable; red de alcantarillado y depuración de aguas”, los de carácter sectorial de Araque, Gallego y Sánchez (2002) y Sánchez, Gallego y Araque (2011) sobre el olivar de regadío en la provincia de Jaén, el de Berbel y Expósito (2006) que trata sobre costes del servicio de abastecimiento urbano en la demarcación del Guadalquivir y el de Expósito y Berbel (2017) sobre ineficacia de precios del agua para riego. Son inexistentes, sin embargo, aquellos cuyo objeto de investigación es el análisis y estudio de los sistemas de gestión de las aguas residuales vertidas y su regeneración.

¹ Este trabajo presenta parte de los resultados de investigación de un proyecto de investigación financiado por el Instituto de Estudios Giennenses, en la convocatoria 2017, con el título: “Análisis económico del sistema de gestión de vertidos de aguas residuales urbanas en la provincia de Jaén y valoración de su capacidad para obtener agua regenerada para el riego”. Los autores agradecen muy sinceramente las recomendaciones y comentarios de los revisores, que han contribuido a la mejora de este trabajo.

² Hochstrat et al., 2010. García y Pargament, 2015. Wilcox et al. 2016.

³ Winpenny et al., 2013.

⁴ Miller, 2006.

⁵ Melgarejo, 2009. Lazarova et al., 2001.

⁶ Ruiz-Rosa, García-Rodríguez y Mendoza-Jiménez, 2016. Gharbia et al., 2016.

⁷ Kalavrouziotis et al., 2013. Pedrero et al., 2010. Melian-Navarro y Fernández-Zamudio, 2016.

⁸ Se puede consultar en <https://suwanu-europe.eu/water-reuse-projects-europe/>

⁹ Sánchez y Ortega, 2016.

El contenido de este trabajo se estructura en cinco apartados, incluido este de carácter introductorio. En el siguiente se analizan los compromisos de las corporaciones locales españolas en materia de depuración de aguas residuales urbana, de acuerdo con la normativa de la UE. En el tercer apartado se valora el grado de ejecución y cumplimiento de las obligaciones que establece la Directiva 91/271/CEE sobre tratamiento de aguas residuales urbanas (ARU) en la provincia de Jaén. Posteriormente, se evalúa el uso de aguas residuales tratadas para el riego en el territorio provincial. Finalmente, en el quinto apartado, se recogen las conclusiones y las principales reflexiones que se derivan del estudio.

Política ambiental y depuración de aguas residuales en la UE

La política ambiental de la UE incluye entre sus objetivos fundamentales la conservación, protección y mejora de la calidad del agua, así como la utilización prudente y racional de los recursos naturales (Artículo 130R del Tratado de la Unión Europea). La mejora de la calidad de los recursos hídricos ha de hacerse compatible, además, con un aumento sustancial del reciclado y la reutilización, que garantice un incremento de la disponibilidad¹⁰.

El 21 de mayo de 1991 se adopta en la UE la Directiva 91/271/CEE, sobre tratamiento de las aguas residuales urbanas, que establece las medidas necesarias que los Estados miembros han de adoptar para garantizar que los efluentes urbanos¹¹, reciban un tratamiento adecuado antes de su vertido a las aguas continentales o marinas¹², exigiendo la aplicación de procesos más rigurosos (para una mayor eliminación de nitrógeno y potasio), con el propósito de reducir los niveles de contaminación de las aguas superficiales que provienen de una aglomeración urbana y situadas en las zonas sensibles designadas.

La transposición de la Directiva 91/271/CEE al Derecho español se realiza a través del Real Decreto-Ley 11/1995, por el que se establecen las normas aplicables al tratamiento de las aguas residuales urbanas. En este RD-Ley se fijan los plazos para que empiecen a

funcionar sistemas colectores y de depuración. Por su parte, el Real Decreto 509/1996 desarrolla el contenido del anteriormente citado, mediante la incorporación de los Anexos incluidos en la Directiva 91/271/CEE, que no habían sido incorporados inicialmente, y contiene los valores que deben cumplir los vertidos a la salida de la Estación Depuradora de Aguas Residuales (EDAR), el criterio de conformidad y los criterios para declarar zonas sensibles.

En octubre de 2000 se aprueba la Directiva 2000/60/CE (DMA), estableciendo un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas, con el propósito de garantizar un buen estado ecológico y químico de los recursos hídricos, para proteger la salud humana, el suministro, los ecosistemas naturales y la biodiversidad. Esta norma supuso un gran impulso a las prácticas de gestión y a las políticas europeas en materia de aguas, incidiendo, particularmente, en los aspectos medioambientales, por encima de los demás, estableciendo una legislación común y un marco comunitario de actuación con el propósito de detener el deterioro de las masas de agua en los países de la zona y conseguir un “buen estado” de los ríos, lagos y las aguas subterráneas europeas en 2015. Concretamente, pretendía la reducción de los niveles de contaminación, la protección de todas las formas de agua (superficiales, subterráneas, continentales y de transición) y la regeneración de los ecosistemas de dentro de estas masas de agua y en su entorno, bajo la premisa principal de “quien contamina, paga” recogida en el art. 9 de la DMA. En España, la trasposición de la Directiva 2000/60/CE se realiza mediante la Ley 62/2003, de 30 de diciembre, de medidas fiscales, administrativas y del orden social que incluye, en su artículo 129, la modificación del texto refundido de la Ley de Aguas, aprobado por Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio.

En el ámbito local, art. 25.2 c) de la Ley de las Bases de Régimen Local 7/1985, de 2 de abril, atribuye a todos los municipios competencias en materia de abastecimiento de agua potable a domicilio y evacuación y tratamiento de aguas residuales. Por su parte, la Ley 5/2010, de 11 de junio, de Autonomía Local de Andalucía, en su art. 9 dedicado a las competencias municipales, determina que los municipios andaluces tienen como competencias propias la ordenación, gestión, prestación y control de los diferentes servicios en el ciclo integral del agua de uso urbano, entre los que se incluyen el saneamiento o recogida de aguas residuales urbanas y la depuración de éstas. De las normas antes expuestas resulta clara la responsabilidad y el deber de

¹⁰. Collins et al., 2009. Molinos-Senante, Hernández-Sancho y Sala-Garrido, 2010. Schewe et al., 2014. Pedro-Monzónis et al., 2015.

¹¹. Según el art. 2.1, D. 91/271/CEE, se consideran como tales las aguas residuales domésticas o la mezcla de las mismas con aguas residuales industriales y/o aguas de escorrentía pluvial.

¹². Gallego-Valero et. al, 2018.

las corporaciones locales en relación al saneamiento, que incluye el alcantarillado (o recogida) y la depuración de las aguas residuales, para garantizar la calidad del medio ambiente.

Recogida y tratamiento de aguas residuales urbanas

Corresponde, en este apartado, realizar un análisis comparado de la situación que presenta la provincia de Jaén en relación al cumplimiento de los requisitos que establece la Directiva 91/271/CEE (Directiva ARU), tanto en lo relativo al establecimiento de sistemas de colectores (art. 3) como en cuanto a disponer de EDAR de tratamientos secundarios, en función del tamaño de las aglomeraciones de las que proceden (art. 4). Para ello, se utiliza principalmente la última información disponible, reportada por los Estados miembros de la UE a la Comisión, recopilada de enero a diciembre de 2014, con arreglo a los requisitos que establecen los artículos 15 y 17 de la Directiva ARU¹³.

SISTEMAS DE COLECTORES

La red de colectores de un centro urbano está conformada por un conjunto de tuberías que recoge las aguas servidas y pluviales y las transporta desde el alcantarillado municipal hasta la estación depuradora. Dependiendo de la topografía, las aguas discurrirán por gravedad o será necesario recurrir a su bombeo. En la provincia jiennense, los sistemas de recogida son unitarios y, por tanto, la red de saneamiento agrupa las aguas residuales y las de lluvia. En otros casos, los colectores que llegan a la estación de tratamiento transportan tan sólo aguas residuales, mientras que las aguas de lluvia se acumulan en colectores independientes (sistemas separativos). Con el objetivo de que a la estación depuradora no llegue más caudal del proyectado, en los colectores y/o en las obras de llegada a las EDAR, se instalan tanques de tormenta, que permiten derivar los excesos de caudal. Esta situación tiene lugar principalmente en períodos en los que se registran fuertes lluvias¹⁴.

Para cumplir con la Directiva ARU, los Estados miembros habrían de velar porque las aglomeraciones

urbanas cuenten con colectores, en las siguientes circunstancias:

- a más tardar, el 31 de diciembre del año 2000 en el caso de las aglomeraciones con una carga contaminante de más de 15.000 h-e¹⁵ y
- a más tardar, el 31 de diciembre del año 2005 en el caso de las aglomeraciones con un vertido entre 2.000 y 15.000 h-e.

Cuando se trate de aguas residuales urbanas vertidas en aguas receptoras que se consideren “zonas sensibles” con arreglo a la definición del art. 5, los Estados miembros velarán por que se instalen sistemas colectores, a más tardar, el 31 de diciembre de 1998 en las aglomeraciones con más de 10.000 h-e.

El noveno informe sobre el estado de ejecución y los programas de aplicación de la Directiva 91/271/CEE¹⁶ concluye que el grado de cumplimiento en el conjunto de la UE es elevado, con un valor medio del 94,7 por 100, tal y como refleja Gráfico 1. Existen, sin embargo, diferencias importantes entre los Estados miembros.

En los últimos años, en general, los países han mantenido o mejorado sus índices de cumplimiento o conformidad, excepto Rumanía, Chipre y España, que en 2014 presenta un valor del 97 por 100, ligeramente superior a la media de la zona. En Austria, Bélgica, Chequia, Dinamarca, Finlandia, Francia, Alemania, Grecia, Hungría Irlanda, Letonia, Lituania, Luxemburgo, Malta, Países Bajos, Portugal, Eslovaquia, Suecia y Reino Unido el grado de cumplimiento es de un 100 por 100. Frente a estos resultados tres países figuran con índices bajos, inferiores al 70 por 100 (Bulgaria, Eslovenia y Chipre).

La Agencia Europea del Medio Ambiente¹⁷ ofrece información sobre la situación de las 17 Comunidades Autónomas más las Ciudades Autónomas de Ceuta y Melilla a finales del año 2014, en cuanto a disponer de colectores para la recogida de aguas residuales. Andalucía con un índice de cumplimiento del 99 por 100, mantiene una posición ligeramente superior a la media nacional, muy alejada de Asturias, la Comunidad que ostenta la peor posición relativa en el contexto

¹³. En 2014, Croacia no tiene obligación de cumplimiento y no reporta datos (Comisión Europea, 2017b).

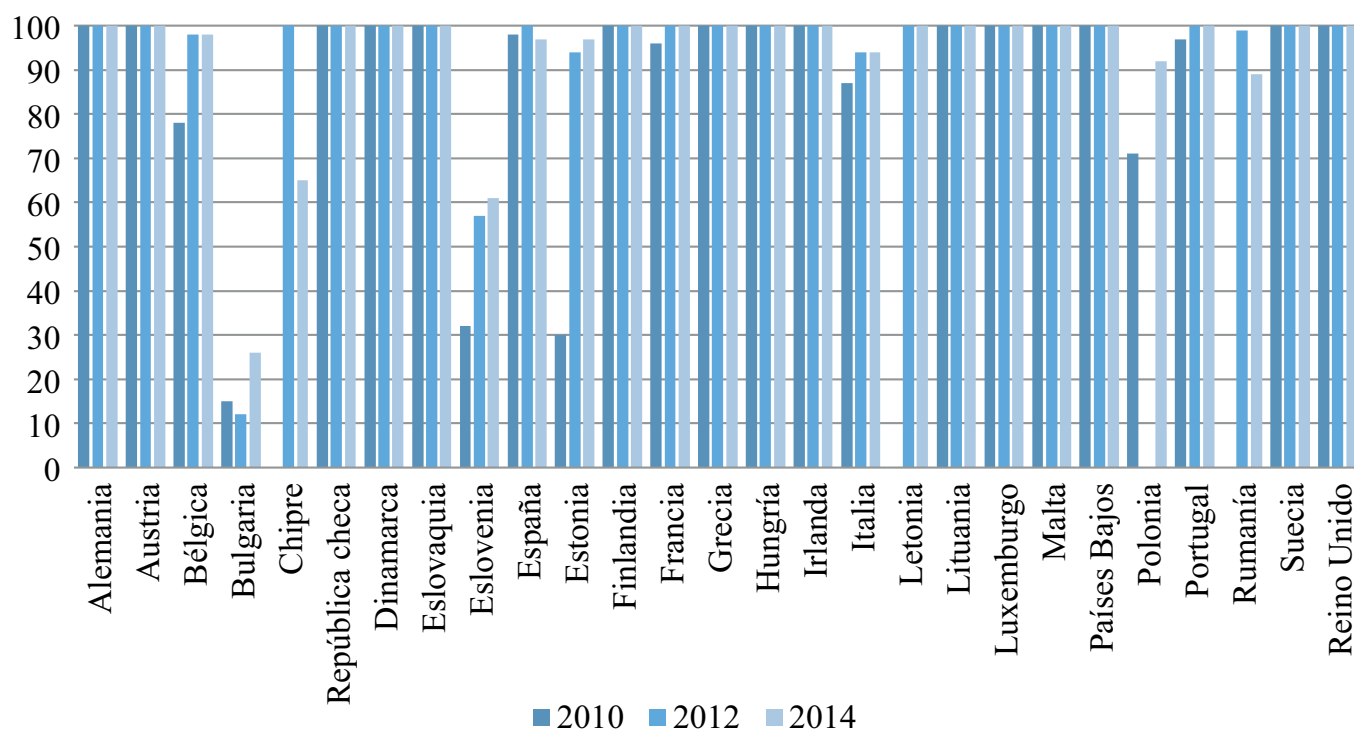
¹⁴. Alianza por el Agua, 2003.

¹⁵. Habitantes equivalentes (h-e) es una unidad de contaminación de las aguas vertidas, considerando tanto las domésticas, según la población del núcleo urbano, como las que proceden de las diferentes actividades económicas que se desarrollan en el municipio (industria, ganadería, etc.). La Directiva 91/271/CEE establece que 1 h-e tiene una carga orgánica biodegradable con una demanda bioquímica de oxígeno de cinco días (DBO5) equivalente a 60 gramos de oxígeno día.

¹⁶. Comisión Europea, 2017b.

¹⁷. EEA, 2017.

Gráfico 1. Grado de cumplimiento del art. 3 de la Directiva ARU en los países de la UE (en %)



Fuente: EEA (2017).

nacional, que presenta un índice de cumplimiento del 58 por 100 y más de una docena de no conformidades, le sigue Islas Canarias (62 por 100), Cantabria (94 por 100) e Islas Baleares (97 por 100).

Catorce regiones figuran con una situación óptima, cumpliendo totalmente con los requisitos exigidos en la Directiva ARU, contando con una cobertura total de la red de alcantarillado de los municipios de su región. Ésta debe recoger y conducir rápidamente hasta el sistema de colectores, sin estancamientos ni fugas, tanto las aguas pluviales como las residuales domésticas o industriales¹⁸, evitando que cualquier tipo de producto vertido a la red contamine durante su trayecto o al término del mismo, tanto a las aguas subterráneas como las superficiales. Los colectores evitan que las aguas servidas vayan a parar a las masas de agua y garantizan que estas lleguen a las depuradoras.

En Andalucía, los datos de la EEA para 2014 constatan un alto nivel de cumplimiento. Seis provincias, entre las que se incluye la jiennense, registran un índice del 100 por 100, Almería no llega al 98 por 100, siendo Granada la que figura en última posición, con un 96 por 100.

En la provincia de Jaén, con un total de 97 municipios (ver Mapa 1), once de ellos (Alcalá la Real, Andújar,

Martos, Úbeda, La Carolina, Jaén, Linares, Villacarrillo, Torredelcampo, Bailen y Jódar) son los catalogados con más de 15.000 h-e, debiendo cumplir con las instalaciones adecuadas para la recogida de aguas residuales en el año 2000, siendo 53 los obligados a disponer de dichas instalaciones en 2005. En 2014, la provincia presenta una realidad conforme al 100 por 100 a la norma comunitaria. No obstante, seguían pendientes de estar completados tres colectores (Carchelles- Carchelejo, La Carolina y el de Puente Génave-La Puerta de Segura).

DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES

El art. 4 de la Directiva ARU establece que los Estados miembros velarán para que las aguas residuales urbanas que entren en los sistemas colectores sean objeto, antes de verterse, de un tratamiento secundario o de un proceso equivalente, en las siguientes circunstancias:

- a más tardar el 31 de diciembre del año 2000 para todos los vertidos que procedan de aglomeraciones que representen una carga de más de 15.000 h-e;
- a más tardar el 31 de diciembre del año 2005 para todos los vertidos que procedan de aglomeraciones que representen una carga de entre 10.000 y 15.000 h-e;

¹⁸. Las aguas pluviales y residuales se pueden canalizar por el mismo conducto (caso de redes unitarias, mayoritarias en España ya que suponen un 75 por 100 de la longitud) o por diferentes conductos (redes separativas) (AEAS, 2017).

A detailed map of the province of Segovia, Spain, showing all its municipalities. The map is color-coded by comarca: Campesino (light green), Páramos (light blue), Sierra (light orange), and Valle de la Virgen (light yellow). Municipalities are labeled with their names in Spanish. A scale bar at the bottom indicates distances from 0 to 60 km. The map also shows major roads and rivers.

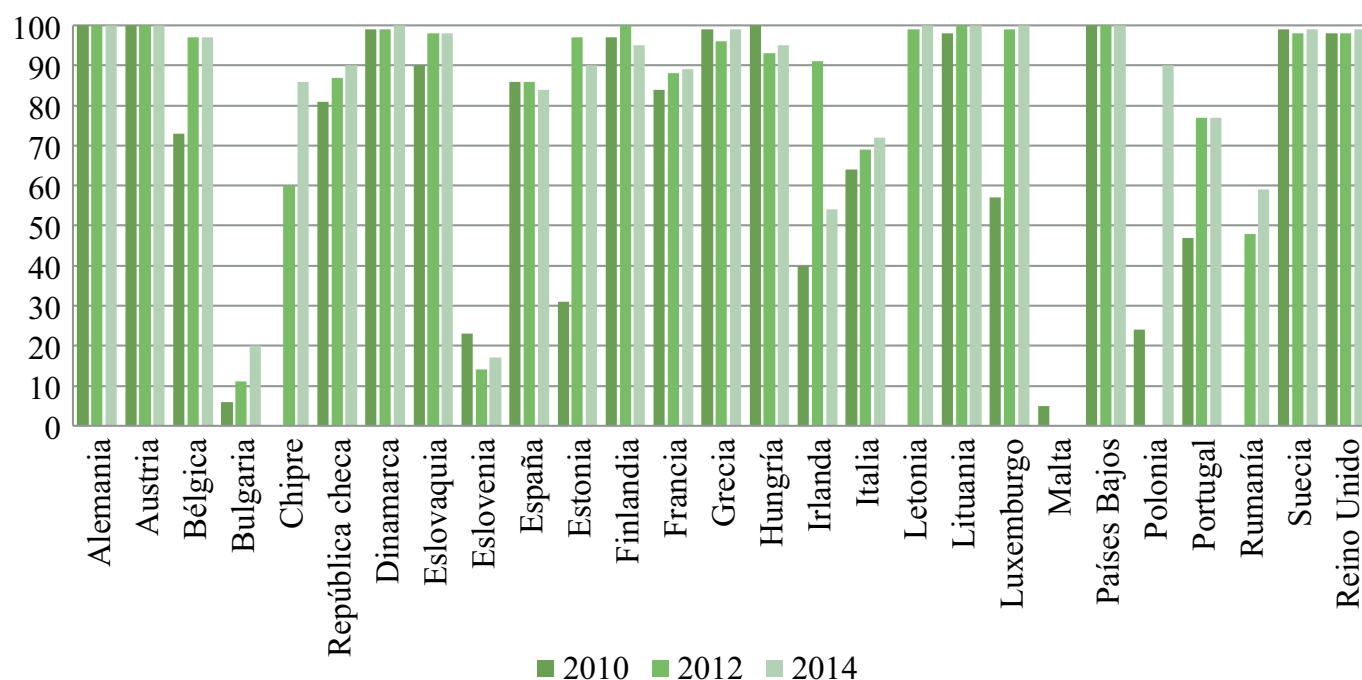
- a más tardar el 31 de diciembre del año 2005 para los vertidos en aguas dulces o estuarios que procedan de aglomeraciones que representen una carga de entre 2.000 y 10.000 h-e.

A finales de 2014, en la UE se tratan correctamente, con tratamiento secundario, un 88,7 por 100 de las aguas residuales vertidas, según la Comisión Europea. Los datos representados en el Gráfico 2 permiten advertir importantes diferencias entre los países de la zona, que identifican un desigual nivel de compromiso con el control de los vertidos urbanos y, asimismo, con el objetivo de mantener un buen estado ecológico de las aguas.

En 2014, considerando los centros urbanos con más de 2.000 h-e, España cuenta una capacidad de depuración de 2.286.260.221 h-e/año, y un volumen de carga tratada de 60.488.649,21 h-e/año, lo que determina un exceso de capacidad que, sin embargo, no responde a la realidad que ofrecen determinados territorios, como es el caso de Siles, en la provincia de Jaén, con un ratio de explotación del 134 por 100¹⁹, Albarracín, en la Teruel, con un del 221 por 100, Siruela en Badajoz con un 268 por 100 o San Roque, en Cádiz, con un 510 por 100.

¹⁹. Siles es el único municipio de la provincia con una ratio superior al 100 por 100.

Gráfico 2. Cumplimiento del art. 4 de la Directiva ARU en los países de la UE en 2014 (en %)



Fuente: EEA (2017).

Entre las distintas Comunidades Autónomas la situación es muy dispar, siendo una minoría las que consiguen tratar adecuadamente el 100 por 100 de sus vertidos (Gráfico 3). Es el caso de Ceuta y Melilla, La Rioja, Navarra y Murcia, responsables del 7 por 100 del total de efluentes que se generan en el conjunto de la nación. En la posición opuesta se encuentran Asturias, que sólo gestiona correctamente un 45 por 100, e Islas Canarias con un 62 por 100. Presentan un porcentaje superior al 90 por 100, Cataluña (99 por 100), Comunidad Valenciana (98 por 100) y Aragón (91 por 100). Alejada de estos resultados se sitúa Andalucía, en la que se genera el 18 por 100 de todas las aguas servidas del conjunto de España, presentando un índice de cumplimiento de 79 por 100.

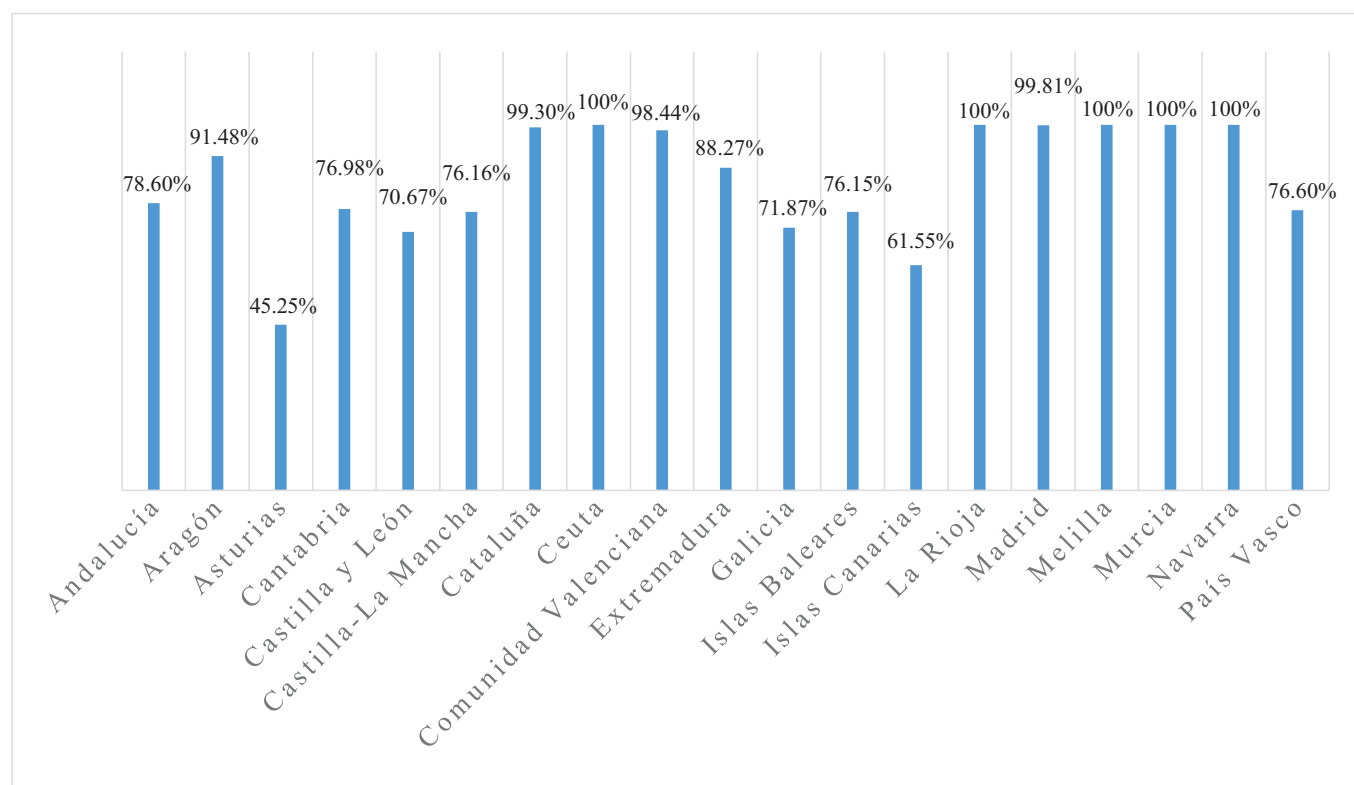
En el contexto regional, la provincia jiennense es la que registra una peor posición relativa en 2014, con valores muy alejados de los imputables al conjunto del Estado y la región. Del total de aguas vertidas en municipios con una carga de más de 2.000 h-e, las que son procesadas adecuadamente no llega al 60 por 100, tal y como constata la información del Mapa 2. Una realidad que responde a la reducida capacidad de depuración instalada en el territorio y, asimismo, al elevado número de estaciones depuradoras que no funcionan conforme a la norma. Frente a esta situación, dos provincias andaluzas, Almería y Sevilla, gestionan satisfactoriamente

un 88 por 100 y, otras dos, Málaga y Córdoba, más del 80 por 100.

Para conocer lo que ocurre en los municipios jiennense, en el Gráfico 4 se recoge información sobre el grado de cumplimiento del art. 4 de la Directiva ARU, para aquellos con un volumen de vertido igual o mayor a 2.000 h-e, en diciembre de 2014 y 2017. Destaca, ante todo, que son mayoría los que incumplen los compromisos que en materia de gestión de las aguas vertidas establece la norma de la UE. De hecho, sólo 23 son los que en 2017 operan conforme a lo que establece el Anexo I de la Directiva 91/271/CEE, presentando un rendimiento medio de reducción del DBO₅ del 82,50 por 100, del DQO del 88,29 por 100 y de Sólidos en Suspensión del 87,51 por 100.

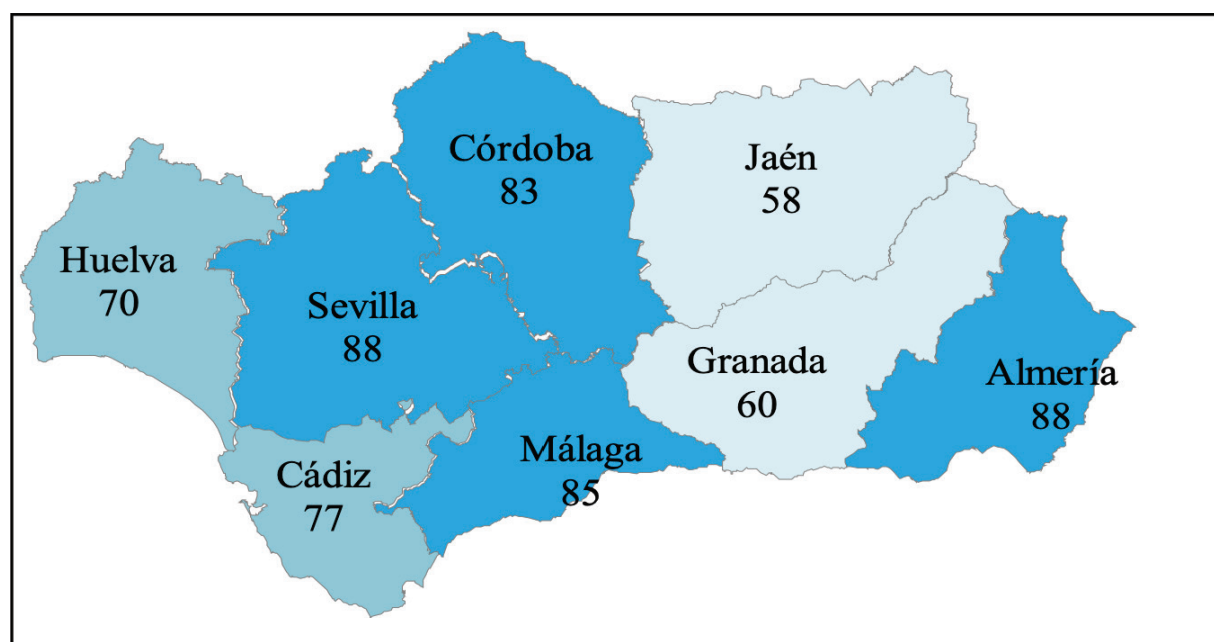
Entre las estaciones depuradoras que están operativas en 2014 (Figura 1), 15 son las que lo hacen de forma correcta (Alcalá la Real, Andújar, Bailen, Baños de la Encina, Bedmar, Bélmez de la Moraleda, La Carolina, Jaén, Linares, Mancha Real, Marmolejo, Mengíbar, Peal de Becerro, Torreperogil y Los Villares). Por tanto, son mayoría las que presentaban ciertas limitaciones en el desarrollo de su actividad, lo que determina su no conformidad con los requisitos que establece la Directiva ARU. Esta situación mejora considerablemente en los últimos años, como evidencian los datos, dado que algunas depuradoras han pasado a ser conformes, como

Gráfico 3. Cumplimiento del art. 4 de la Directiva ARU por Comunidades Autónomas en 2014 (en %)



Fuente: EEA (2017).

Mapa 2. Grado de cumplimiento del art. 4 de la Directiva ARU en las provincias andaluzas en 2014 (en %)



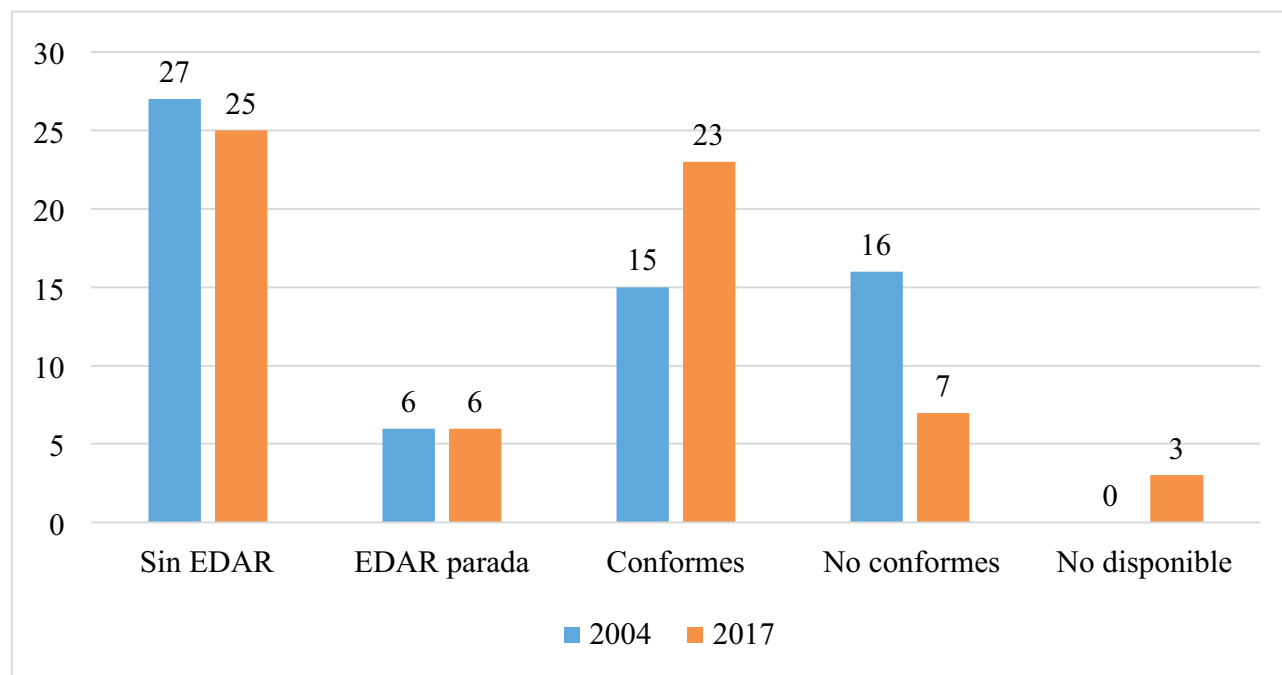
Fuente: EEA (2017).

ocurre con las de Alcaudete²⁰, Baeza, Cazorla, Huelva, Quesada, Torredelcampo y Villacarrillo, lo que ha permitido aumentar en un 20,7 por 100 el volumen de vertidos tratados correctamente en cuatro ejercicios.

²⁰. Según la EEA no contaba con EDAR en 2014.

Tanto en 2014 como en 2017 seis instalaciones figuran como paradas. En muchos de estos casos, se trata de infraestructuras prácticamente culminadas, pero en las que el proceso de puesta en marcha se ha retrasado, por múltiples motivos. Es lo acontecido en dos de los centros urbanos más grandes de la provincia,

Gráfico 4. Grado de cumplimiento del art. 4 de la Directiva ARU en los municipios de la provincia de Jaén con más de 2.000 h-e en 2014 y 2017 (número de casos)



Fuente: EEA (2017) y Diputación provincial de Jaén (2003).

Figura 1. Depuradora de aguas residuales de Alcalá la Real



Fuente: Elaboración propia.

Martos²¹ y Úbeda, con una descarga generada de 31.383 y 54.944 h-e, respectivamente.

A finales de 2017, de las 64 depuradoras que debían estar operativas en los centros urbanos de la provincia, con una carga de vertido estimada igual o superior a 2.000 h-e, sólo lo hacen 33. La población servida por estas instalaciones asciende 428.007 habitantes, representando un 67 por 100 del total. El Gráfico 5 compara la carga generada en los municipios provinciales y la capacidad de depuración. Esta información y la del Gráfico 4 permiten afirmar que el territorio mantiene un importante déficit en capacidad de depuración, lo que influye negativamente en la calidad de los vertidos y repercute muy desfavorablemente en el medio ambiente. Una realidad que resulta especialmente significativa en tres centros urbanos con una carga contaminante superior a 15.000 h-e, que deberían estar depurando sus aguas residuales a partir del año 2000 y en 2018 no lo hacen, como es el caso de Úbeda, Martos y Torredonjimeno. Con una carga de menos de 10.000 h-e, se incluye un grupo 22 pueblos sin EDAR, en el que se encuentran Valdepeñas de Jaén, Campillo de Arenas, Santisteban del Puerto, Sabiote, Castillo de Locubín, Viches, Navas de Sam Juan o Arjona, que generan individualmente y cada año una carga mayor a 7.000 h-e.

Reutilización de aguas residuales

El riego con aguas residuales tratadas es una práctica común en los países mediterráneos²². España, el país más árido de la UE²³), con un índice de estrés hídrico muy elevado²⁴, registra en 2016 un volumen de agua tratada de 12,9 hm³/ día, siendo 1,34 hm³/día, un 10,4 por 100, la cantidad reutilizada²⁵. En el conjunto del Estado, un 61,2 por 100 del total de agua regenerada es usada en agricultura, según los últimos datos publicados por el INE²⁶. En Andalucía, sin embargo, el porcentaje de reutilización se cifra en un 5,9 por 100 en 2016, siendo la industria y el riego de jardines y zonas deportivas de ocio destino prioritario para este recurso. La agricultura sólo recibe un escaso 2,5 por 100 del total de agua reutilizada en la región en 2016.

El objetivo de este apartado es conocer el estado actual de las aguas residuales reutilizadas en la agricultura en la provincia de Jaén, un territorio que cuenta con 312.508 ha. de tierras de cultivo agrícola de regadío, según la Encuesta sobre Superficies y Rendimientos de Cultivos de 2018, del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Teniendo en cuenta que más del 95 por 100 de la superficie de la provincia jiennense se incluye en la demarcación geográfica del Guadalquivir y a partir de la información facilitada por la Confederación Hidrográfica de dicho río, se valora el uso de aguas residuales para riego por parte de la agricultura provincial.

El marco legal para la reutilización de aguas depuradas en España lo fija el Real Decreto 1620/2007, de 7 de diciembre de 2007, definiendo el concepto de reutilización y de agua regenerada, tratando los aspectos relativos al régimen jurídico de la concesión y/o autorización y, asimismo, estableciendo las condiciones de calidad que debe cumplir el agua regenerada, sus usos permitidos y prohibidos y el régimen de responsabilidades en relación al mantenimiento de la calidad. En 2010, el Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino publica la Guía para la aplicación de este Real Decreto.

La reutilización de las aguas se define como la aplicación, antes de su devolución al dominio público hidráulico y al marítimo terrestre para un nuevo uso privativo de las aguas que, habiendo sido utilizadas por quien las derivó, se han sometido al proceso o procesos de depuración establecidos en la correspondiente autorización de vertido y a los necesarios para alcanzar la calidad requerida en función de los usos a que se van a destinar. Por tanto, para su consideración como recursos disponibles, los volúmenes regenerados deberán cumplir los parámetros de calidad requeridos para el uso expectante. Concretamente, los parámetros de calidad del agua regenerada exigida para poder ser empleada en el riego de cultivos leñosos, entre los que se incluye el olivar, son los que se detallan en el Cuadro 1.

La Memoria del PHDHG 2015-2021 resalta el hecho de que la cuenca presenta una tasa elevada de reutilización indirecta debido a su estructura en espina de pez, por lo que implícitamente se reutilizan los efluentes en usos aguas abajo. Por otra parte, se estima que entre el 0,5 y el 1 por 100 de los recursos hídricos destinados a la satisfacción de las demandas proceden de la reutilización directa. El Plan considera que las aguas reutilizadas no tienen la consideración de nuevo recurso, ya

²¹. Las obras sufrieron un importante retraso debido a que se encontraron restos arqueológicos, por los que se paró la intervención.

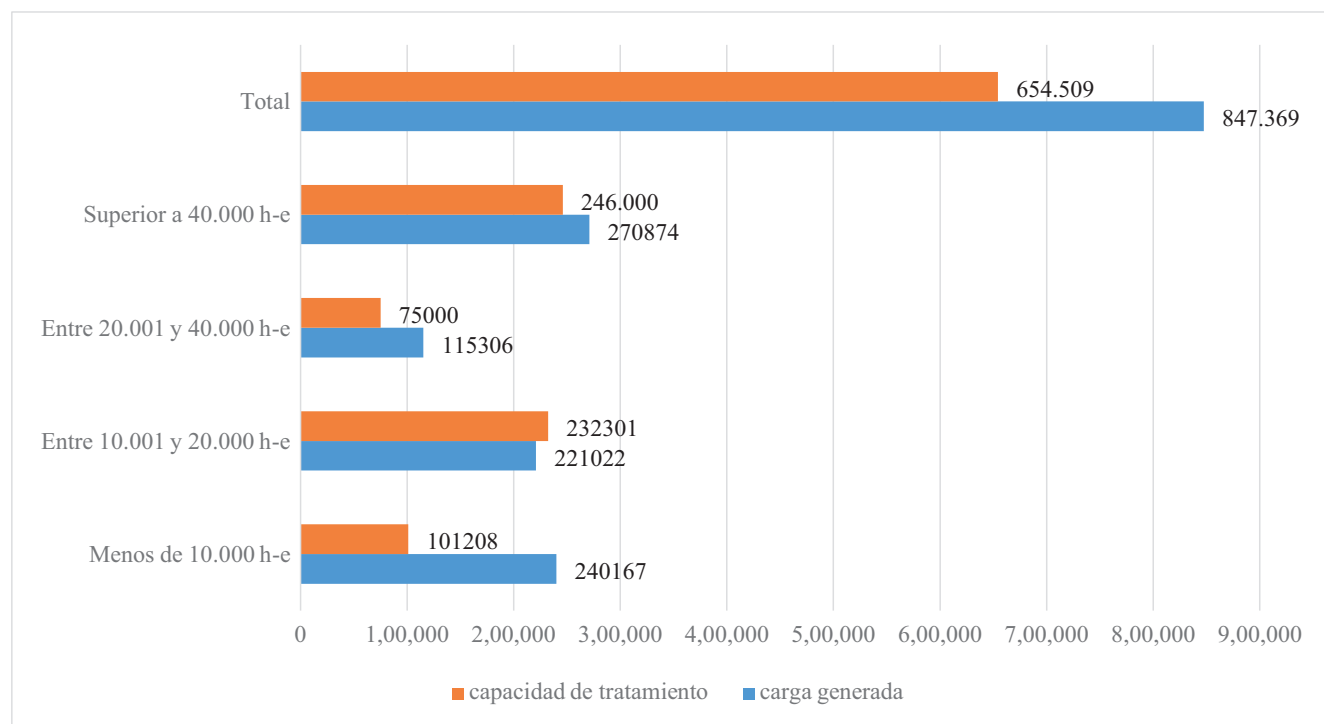
²². Pedrero et al., 2010.

²³. Llamas et al., 2009.

²⁴. World Resources Institute, 2017.

²⁵. Gallego Valero et. al. 2019

²⁶. Indicadores sobre aguas residuales por Comunidades Autónomas.

Gráfico 5. Carga generada y capacidad de depuración por grupos de municipios en la provincia de Jaén en 2017 (en m³)

Fuente: EEA (2017).

Cuadro 1. Criterios de calidad de las aguas reutilizadas para el riego de cultivos leñosos

Uso del agua previsto	Valor Máximo Admisible (VMA)				
	Nematodos intestinales	Escherichia COLI	Sólidos en Suspensión	Turbidez	Otros criterios
Calidad 2.3 a) Riego localizado de cultivos leñosos que impida el contacto del agua regenerada con los frutos consumidos en la alimentación humana	1 Huevos/10 L	10.000 UFC/100mL	35 mg/L	No se fija límite	Otros contaminantes contenidos en la autorización de vertido aguas residuales: se deberá limitar la entrada de estos contaminantes al medio ambiente. En el caso de que se trate de sustancias peligrosas deberá asegurarse el respeto de las NCAs. Legionella spp. 100 UFC

Fuente: Real Decreto 1620/2007 de 7 de diciembre, BOE núm. 294, de 08/12/2007.

que estos han mejorado su calidad, pero no son nuevos y como tal ya están contabilizados. De hecho, en el reparto de recursos utilizados por orígenes no se singularizan las aguas reutilizadas.

En el documento de seguimiento del Plan Hidrológico de Guadalquivir 2016-2017 publicado por la Confederación Hidrográfica²⁷, el consumo referido a los distintos sistemas de explotación, se distribuye como se especifica en el Cuadro 2. El sistema identificado como “abastecimiento Jaén” concentra un 0,17 por 100 de la superficie regable, 1.444,90 ha, con una demanda de agua para uso agrario de 3,77 hm³, un 0,13 por 100 del total, siendo nula el volumen reutilizado. Conviene tener presente, no obstante, que comunidades de

regantes de la provincia localizadas en municipios de la Sierra de Cazorla, la Loma de Úbeda y Sierra Mágina se encuentran incluidas en el sistema de “Regulación General”, con un volumen de reutilización de 16,45 hm³. En el conjunto de sistemas de explotación de la CHG el agua reutilizada sólo representa un 0,57 por 100 del total, con un montante de 16,99 hm³.

Entre 2011 y 2018 la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir ha resuelto de forma favorable 4.077 expedientes, autorizando el uso de agua para riego en la provincia de Jaén. De ellos, sólo 7, un 0,17 por 100, son los que se refieren a la utilización de aguas tratadas, siendo minoría las comunidades de regantes que emplean este recurso. Es el caso, por ejemplo, de la Comunidad de Regantes de aguas residuales de Jaén, de la de la Dehesa-Menchón en Huelma, la de Beas de Segura y los Cuartos de las Albahacas, en Santo Tomé

²⁷. Consultar en https://www.chguadalquivir.es/documents/10182/1232430/Informe_Seguimiento_del_Plan_Hidrologico_del_Guadalquivir_2016_2017.pdf

Cuadro 2. Consumo de agua para riego en la demarcación hidrográfica del Guadalquivir 2016/17 por sistemas de explotación

	Superficie regable		Uso agrario 2016-2017 (hm³)		
	Ha.	Superficial	Subterránea	Reutilización	Total
Guadalimar	32.710,00	15,86	127,66		143,52
Abastecimiento Sevilla	482,00	1,53	0,51		2,04
Abastecimiento Córdoba	167,00	0,00	0,37		0,37
Abastecimiento Jaén	1.444,00	3,29	0,48		3,77
Hoya de Guadix	16.396,00	66,37	15,74		82,11
Alto Genil	62.659,00	104,60	78,86	0,53	183,99
Regulación General	722.620,74	1.841,49	601,61	16,45	2.459,55
Bembézar-Retortillo	18.397,68	76,51	5,39		81,90
	854.876,42	2.109,65	830,62	16,99	2.957,25

Fuente: Tomado de Confederación Hidrográfica del Guadalquivir, 2018.

y Cazorla. En la actualidad, existen más de una decena de expedientes abiertos de acuerdo con el Plan de aprovechamiento y distribución de la reserva de hasta 20 hm³ de aguas regeneradas prevista en el Plan Hidrológico del Guadalquivir (artículo 19 de la normativa), entre los que se encuentran, el de la Comunidad de regantes Santa Ana en Torredelcampo, Camino de Begíjar-La Pilarica de Baeza, La Toya de Peal de Becerro, la C.R. Manuel López Pulido y cinco más en Martos, junto a las constituidas en Úbeda y Torredonjimeno con el mismo fin.

Conclusiones

A lo largo de las páginas precedentes se ha intentado clarificar y dar respuesta, con el análisis y la evidencia empírica disponible, a diferentes cuestiones relacionadas con el cumplimiento de la provincia de Jaén de los requisitos que establece la Directiva ARU sobre vertido y tratamiento de las aguas residuales urbanas. Además, se valora el uso que de este recurso se hace en la provincia por parte de la agricultura. Las principales conclusiones que se extraen del análisis realizado son las que se exponen a continuación.

El art. 4 de la Directiva ARU obliga a los estados miembros a depurar las aguas vertidas utilizando un tratamiento secundario o equivalente, a más tardar el 31 de diciembre del año 2000, para las aglomeraciones con una carga de más de 15.000 h-e y a más tardar el 31 de diciembre de 2005 para los vertidos en aguas dulces o estuarios que procedan de aglomeraciones con una carga igual o superior a 2.000 h-e. En conjunto, la provincia presenta un bajo nivel de cumplimiento, inferior

a la media nacional, regional y por debajo de los valores que registran otras provincias de la región como son Córdoba o Granada. En 2017, de las 64 depuradoras que debían estar funcionando en los municipios jiennenses con una carga estimada de vertido igual o superior a 2000 h-e sólo lo hacen 33, un 51,6 por 100. En conjunto, la población servida por las instalaciones activas representaba un 67 por 100 del total.

La provincia jiennense mantiene un importante déficit en capacidad de depuración. Veintisiete años después de la aprobación de la Directiva ARU, 31 municipios con una carga de vertido estimada igual o superior a 2.000 h-e no depuran, bien porque la EDAR de la que disponen está parada o simplemente no cuentan con esta infraestructura. Especialmente grave resulta el hecho de que tres localidades, Martos Úbeda y Torredonjimeno, con una carga de vertido superior a 15.000 h-e, que tienen la obligación de tratar las aguas residuales desde el 1 de enero de 2001, en 2018 seguían vertiendo al cauce sin depurar. Además, 22 pueblos, con un volumen de vertido entre 7.000 y 10.000 h-e, entre los que se incluyen Valdepeñas de Jaén, Campillo de Arenas, Satisteban del Puerto, Sabiote, Castillo de Locubín, Vilches, Navas de San Juan o La Puerta-Puente Génave no cuentan con una EDAR. Esta realidad determina el grado de contaminación de las masas de agua, repercutiendo muy desfavorablemente en las condiciones del medio natural hídrico provincial.

El fomento de la reutilización de las aguas regeneradas se ha incorporado a la legislación nacional y autonómica que regula el uso de los recursos hídricos como un objetivo clave, impulsado desde la UE. Ante todo, se trata de favorecer la protección a largo plazo del medio

natural hídrico y aumentar la oferta disponible de agua para atender una demanda creciente. En la actualidad, sin embargo, el volumen de agua reutilizada es muy escaso, menos de un 0,8 por 100 en el conjunto de la demarcación hidrográfica del Guadalquivir, en la que se incluye el 95 por 100 de la superficie de la provincia de Jaén. En línea con lo expuesto, resulta que en la provincia no existe ninguna estación de regeneración de aguas depuradas, siendo menos de una decena las comunidades de regantes localizadas en municipios de la provincia que emplean aguas depuradas en una EDAR.

La importancia del servicio de depuración de las aguas vertidas para el medio natural, la disponibilidad de recursos hídricos complementarios y en buenas condiciones para el riego de los campos de cultivo y, a medio y largo plazo, la salud de la población exige que las autoridades locales, provinciales y regionales realicen una apuesta firme por el desarrollo y mejora de los sistemas de tratamiento de las aguas residuales urbanas en todos los municipios jiennenses.

Los ciudadanos deben ser consciente de que no se trata exclusivamente de cumplir con los requisitos que establece la legislación europea sobre protección de los recursos hídricos, para evitar multas que pudieran sancionar el vertido de aguas contaminantes, tanto por parte de la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir, como de la Comisión Europea, tal y como ha ocurrido a nivel nacional. Ante todo, urge establecer objetivos, diseñar estrategias y poner en marcha actuaciones dirigidas a mejorar la calidad de los vertidos de aguas residuales, poner en valor este recurso y reutilizar las aguas tratadas, lo que contribuirá a mejorar la calidad y cantidad de los recursos hídricos disponibles en la provincia.

BIBLIOGRAFÍA

- AEAS** 2017: *Informe sobre Aguas Residuales en España*. Asociación Española de Abastecimiento de Agua y Saneamiento. Madrid, AEAS.
- Alianza por el Agua** 2003: Manual de depuración de aguas residuales urbanas. <http://alianzaporelagua.org/documentos/MO-NOGRAFICO3.pdf>. Consulta realizada el 15 de julio de 2018.
- Araque Jiménez, E., Gallego Simón, V., J. y Sánchez Martínez, J. D.** 2002: "El olivar regado en la provincia de Jaén", *Investigaciones Geográficas*, 28, 5-32. <https://doi.org/10.14198/INGEO2002.28.03>
- Ayuntamiento de Jaén** 2013: *Plan General de Ordenación Urbanística. V Estudio de impacto ambiental. El ciclo integral del agua*. Jaén, Ayuntamiento de Jaén.
- Berbel, J., Expósito, A.** 2006: "Análisis del coste del servicio de abastecimiento urbano de agua en la Demarcación del Guadalquivir", *Revista de Estudios Regionales*, 76, 161-183. I.S.S.N.: 0213-7585 (2006).
- Collins, R., Kristensen, P., Thyssen, N.** 2009: *Water Resources across Europe—Confronting Water Scarcity and Drought*. European Environmental Agency (EEA Report series. N. 2/2009), Copenhagen, Dinamarca.
- Comisión Europea** 2012: *Comunicación de la comisión al parlamento europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones. Plan para salvaguardar los Recursos Hídricos de Europa*. Bruselas, Bélgica.
- Comisión Europea** 2017a: Terms and Definitions of the Urban Waste Water Treatment Directive 91/271/EEC. Consultado en <http://ec.europa.eu/environment/water/water-urbanwaste/info/pdf/terms.pdf>. Consultado el 9 de mayo de 2018.
- Comisión Europea** 2017b: *Informe de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones. Noveno informe sobre el estado de ejecución y los programas para la aplicación (conforme al artículo 17) de la Directiva 91/271/CEE del Consejo sobre el tratamiento de las aguas residuales urbanas*, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:52017DC0749&from=ES>. Consultado el 10 de mayo de 2018.
- Diputación Provincial de Jaén** 2003: *Ciclo integral del agua. Abastecimiento, tratamiento y distribución de agua potable; consumo de agua potable; red de alcantarillado y depuración de aguas*, Jaén, Diputación Provincial de Jaén.
- EEA** 2017: *Data and Maps*, <https://www.eea.europa.eu/es>. Consultado el 11 de mayo de 2018.
- Expósito, A. Berbel, J.** 2017: "Why is water pricing ineffective for deficit irrigation schemes? A case study in southern Spain", *Water Resources Management INE*, 2018. *Indicadores sobre el agua*, <http://www.ine.es/jaxi/Tabla.htm?path=/t26/p069/p03/serie/I0/&file=01001.px&L=0>. Consultado el 23 de abril de 2018.
- Gallego Valero, L., Moral Pajares, E., y Román Sánchez, I.** 2018: "The tax burden on wastewater and the protection of water ecosystems in EU countries", *Sustainability*, 10 (1), 212. <https://doi.org/10.3390/su10010212>
- Gallego-Valero, L., Moral-Pajares, E., y Román-Sánchez, I. M.** 2019: "Crop production and irrigation: deciding factors of wastewater reuse in Spain?", *Desalination and Water Treatment*, 150, 91-98. <https://doi.org/10.5004/dwt.2019.23618>
- García, X., Pargament, D.** 2015: "Reusing wastewater to cope with water scarcity: economic, social and environmental considerations for decision-making", *Resources, Conservation and Recycling*, 101, 154-166. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2015.05.015>

- Gharbia, S. S., Aish, A., Abushbak, T., Qishawi, G.; Al-Shawa, I., Gharbia, A. y Pilla, F. 2016: "Evaluation of wastewater post-treatment options for reuse purposes in the agricultural sector under rural development conditions", *Journal of Water Process Engineering*, 9, 111-122. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2015.12.003>
- Hochstrat, R.; Wintgens, T.; Kazner, C.; Jeffrey, P.; Jefferson, B.; Melin, T. 2010: "Managed aquifer recharge with reclaimed water: approaches to a European guidance framework", *Water Science and Technology*, 62 (6), 1265-1273. <https://doi.org/10.2166/wst.2010.386>
- INE, 2018. *Indicadores sobre el agua*, <http://www.ine.es/jaxi/Ta-bla.htm?path=/t26/p069/p03/serie/I0/&file=01001.px&L=0>. Consultado el 23 de abril de 2018.
- Kalavrouziotis, I.K., Kookkinos, P., Oron, G., Fatone, F., Bolzonella, D., Vatyliotou, M., et al., 2013: "Current status in wastewater treatment, reuse and research in some Mediterranean countries", *Desalination and Water Treatment*, 53 (8), 2015-2030. <https://doi.org/10.1080/19443994.2013.860632>
- Lazarova V., Levine, B., Sack, J., Cirelli, G., Jeffrey, P., Muntau, H., y Brissaud, F. 2001: "Role of water reuse for enhancing integrated water management in Europe and Mediterranean countries", *Water Science and Technology*, 43 (10), 25-33. <https://doi.org/10.2166/wst.2001.0571>
- Llamas, R. L., Aldaya, M., Garrido, A., y López, E. 2009: "Soluciones para la escasez del agua en España y su aplicación a otras regiones", *Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 103 (1), 41-54. ISSN 1137-2141.
- Melgarejo, J. 2009: "Efectos ambientales y económicos de la reutilización del agua en España", *Clim.Economía*, 15, 245-270.
- Melgarejo, J., y López-Ortiz, M. I. 2016: "Depuración y reutilización de aguas en España", *Agua y Territorio*, 8, 22-35. <https://doi.org/10.17561/at.v0i8.3293>
- Melian-Navarro, A. M., y Fernández-Zamudio, M. A. 2016: "Reutilización de agua para la agricultura y el medioambiente", *Agua y Territorio*, (8), 80-92. <https://doi.org/10.17561/at.v0i8.3298>
- Miller, G. W. 2006: "Integrated concepts in water reuse: managing global water needs", *Desalination*, 187 (1), 65-75. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2005.04.068>
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación 2018: *Categorías y tipos de masas de agua*, <http://www.mapama.gob.es/es/agua/temas/estado-y-calidad-de-las-aguas/aguas-superficiales/categorias-y-tipos-de-masas-de-agua/> Consultado el 24 de enero de 2019.
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación 2018b: *Espacios naturales protegidos en España*, <https://www.mapama.gob.es/es/biodiversidad/temas/espacios-protegidos/espacios-naturales-protegidos/default.aspx>. Consultado el 1 de febrero de 2019.
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación 2019: Encuesta sobre superficies y rendimientos de cultivos, <https://www.mapa.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-agrarias/agricultura/esyrce/>. Consultado el 1 de febrero de 2019.
- Molinos-Senante, M., Hernández-Sancho, F., Sala-Garrido, R. 2010: "Economic feasibility study for wastewater treatment: A cost-benefit analysis", *Science of the Total Environment*, 408, 4396-4402. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2010.07.014>
- Pedrero, F., Kalavrouziotis, I., Alarcón, J. J., Koukoulakis, P. y Asano, T. 2010: "Use of treated municipal wastewater in irrigated agriculture—Review of some practices in Spain and Greece", *Agricultural Water Management*, 97 (9), 1233-1241. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2010.03.003>
- Pedro-Monzonís, M., Solera, A., Ferrer, J., Estrela, T., Pa-redes-Arquiola, J. A. 2015: "Review of water scarcity and drought indexes in water resources planning and management", *Journal of Hydrology*, 2015, 527, 482-493. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2015.05.003>
- Ruiz-Rosa, I., García-Rodríguez, F. J. y Mendoza-Jiménez, J. 2016: "Development and application of a cost management model for wastewater treatment and reuse processes", *Journal of Cleaner Production*, 113, 299-310. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.12.044>
- Sánchez, J. D. y Ortega, A. 2016: "El monocultivo olivarero jiennense: conformación histórica, valores patrimoniales y proyección cultural-turística", *Cuadernos de Turismo*, 37, 377-402. ISSN 1139-7861.
- Sánchez, J. D., Gallego, V. J. G. y Araque, E. 2011: "El olivar andaluz y sus transformaciones recientes", *Estudios Geográficos*, 72 (270), 203-229. <https://doi.org/10.3989/estgeogr.201109>
- Schewe, J., Heinke, J., Gerten, D., Haddeland, I., Arnell, N.W., Clarke, D.B., Dankers, R., Eisner, S., Fekete, B.M., Colón-González, F.J. 2014: "Multimodel assessment of water scarcity under climate change", *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 111, 3245-3250. <https://doi.org/10.1073/pnas.1222460110>
- UN Water 2017: *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2017. Aguas residuales: el recurso desaprovechado*. UN, París.
- Wilcox, J., Nasiri, F., Bell, S., Rahaman, M. S. 2016: "Urban water reuse: A triple bottom line assessment framework and review", *Sustainable Cities and Society*, 27, 448-456. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2016.06.021>
- Winpenny, J., Heinz, I., y Koo-Oshima, S. 2013: "Reutilización del agua en la agricultura: ¿Beneficios para todos?", *Informe sobre temas hídricos de la FAO*, 35.
- World Resources Institute 2007: <https://www.wri.org/> Consultado el 1 de febrero de 2019.

Tendencias seculares e innovaciones en la gestión de las obras hidráulicas en la cuenca del río Salado (provincia de Buenos Aires, Argentina, 1875-1915/1983-2018)


Secular Trends and Innovations in the Management of Hydraulic Works in the Salado River Basin (Province of Buenos Aires, Argentina, 1875-1915/1983-2018)

Guillermo Banzato

Universidad Nacional de La Plata / CONICET

La Plata, Argentina

gbanzato@fahce.unlp.edu.ar

 <https://orcid.org/0000-0003-3250-8768>

Información del artículo:

Recibido: 5 abril 2020

Revisado: 12 mayo 2020

Aceptado: 19 julio 2020

ISSN 2340-8472

ISSNe 2340-7743

DOI 10.17561/AT.17.5400

© CC-BY-SA

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

RESUMEN

En este trabajo estudiamos las modalidades de gestión ante las inundaciones en la cuenca del río Salado (provincia de Buenos Aires, Argentina) en los entresiglos XIX-XX y XX-XXI. Enfocamos la conformación de los organismos del Estado y revisamos los presupuestos. Las fuentes son: Registro Oficial, memorias e informes ministeriales, mensajes de los gobernadores, diario de sesiones de la legislatura y periódicos. La metodología consiste en un análisis de historia comparada en el largo plazo. Concluimos en que hay tendencias seculares: primero respuestas locales y luego planes que tienen en cuenta el manejo de la cuenca, cambios en la estructura de funcionamiento de las agencias del Estado y financiación de las obras con endeudamiento público externo. En el siglo XXI surgen innovaciones en el ámbito de la evolución tecnológica, una apreciación más acabada de la geografía provincial y la utilización de un enfoque multidisciplinar del problema.

PALABRAS CLAVE: Gestión del agua, Obras públicas, Ingenieros, Presupuestos, Inundaciones.

ABSTRACT

In this work we study the modalities in the management of floods in the Salado River basin (province of Buenos Aires, Argentina) in two intervals spanning the 19th-20th and 20th-21st centuries. We focus on the formation of state agencies and review budgets. The sources are: Official Registry, memoirs and ministerial reports, messages from the governors, journal of sessions of the legislature, and newspapers. The methodology consists of a long-term comparative historical analysis. We conclude that there are several secular trends, starting with the rise of local responses and later of plans that consider watershed management; changes in the operating structure of State agencies; and the financing of works with external public debt. During the XXI century one sees the adoption of innovations concerning the evolution of technology, a more thorough appreciation of the provincial geography and the utilization of a multidisciplinary approach to the problem.

KEYWORDS: Water Management, Public Works, Engineers, Budgets, Flood.

Tendências seculares e inovações na gestão de obras hidráulicas na bacia do rio Salado (Província de Buenos Aires, Argentina, 1875-1915/1983-2018)

SUMÁRIO

Neste trabalho estudamos as modalidades de gestão das inundações na bacia do rio Salado (província de Buenos Aires, Argentina) nos séculos XIX-XX e XX-XXI. Concentramo-nos na conformação das organizações estatais e revisamos os orçamentos. As fontes são: Registro oficial, relatórios e relatórios ministeriais, mensagens dos governadores, o diário de sessões do Legislativo e jornais. A metodologia consiste em uma análise histórica comparativa de longo prazo. Concluímos que existem tendências seculares: primeiro respostas locais e depois planos que levam em conta a gestão da bacia, mudanças na estrutura operacional das agências estatais e financiamento de obras com dívida pública externa. No século XXI, estão surgindo inovações no campo da evolução tecnológica, uma apreciação mais refinada da geografia provincial e o uso de uma abordagem multidisciplinar para o problema.

PALAVRAS-CHAVE: Gestão da água, Obras públicas, Engenheiros, Orçamento, Inundações.

Tendances séculaires et innovations dans la gestion des ouvrages hydrauliques du bassin du fleuve Salado (province de Buenos Aires, Argentine, 1875-1915/1983-2018)

RÉSUMÉ

Dans cet article, nous étudions les modalités de gestion des inondations dans le bassin du fleuve Salado (province de Buenos Aires, Argentine) aux XIX-XX et XX-XXI siècles. Nous nous sommes concentrés sur la conformation des organismes d'État et avons examiné les budgets. Les sources sont : Registre officiel, rapports et comptes rendus ministériels, messages des gouverneurs, agenda de la session de la législature et journaux. La méthodologie consiste en une analyse comparative de l'histoire à long terme. Nous concluons qu'il existe des tendances séculaires : d'abord des réponses locales, puis des plans qui prennent en compte la gestion du bassin, les changements dans la structure de fonctionnement des agences de l'État et le financement des travaux par la dette publique extérieure.

Au XX^e siècle, des innovations apparaissent dans le domaine de l'évolution technologique, une appréciation plus fine de la géographie provinciale et l'utilisation d'une approche multidisciplinaire du problème.

MOTS-CLÉS: Gestion de l'eau, Travaux publics, Ingénieurs, Budget, Inondations.

Tendenze secolari e innovazioni nella gestione delle opere idrauliche nel bacino del fiume Salado (Provincia di Buenos Aires, Argentina, 1875-1915/1983-2018)

SOMMARIO

In questo lavoro si studiano le modalità di gestione delle inondazioni nel bacino del fiume Salado (provincia di Buenos Aires, Argentina) nei secoli XIX-XX e XX-XXI. Ci siamo concentrati sulla conformazione delle organizzazioni statali e abbiamo rivisto i bilanci. Le fonti sono: Registro ufficiale, relazioni e rapporti ministeriali, messaggi dei governatori, diario della sessione legislativa e giornali. La metodologia consiste in un'analisi storica comparativa a lungo termine. Concludiamo che ci sono tendenze laiche: prima le risposte locali e poi i piani che tengono conto della gestione del bacino, dei cambiamenti nella struttura operativa degli enti statali e del finanziamento delle opere con debito pubblico esterno. Nel XXI secolo stanno emergendo innovazioni nel campo dell'evoluzione tecnologica, un più raffinato apprezzamento della geografia provinciale e l'uso di un approccio multidisciplinare al problema.

PAROLE CHIAVE: Gestione delle acque, Lavori pubblici, Ingegneri, Budget, Inondazioni.

Introducción¹

En este trabajo nos proponemos una mirada de largo plazo sobre las modalidades de gestión ante las inundaciones en la cuenca del río Salado (provincia de Buenos Aires, Argentina). En el contexto de los estudios sobre el Estado, prestaremos atención a la conformación de los organismos de diagnóstico, diseño, ejecución y control de las obras, con participación de funcionarios estatales y representantes de los productores agropecuarios. Asimismo, revisaremos los presupuestos destinados a las obras, teniendo en cuenta las diferentes vías de financiación. Los períodos elegidos, 1875-1915 y 1983-2018, tienen en cuenta los dos ciclos más húmedos que caracterizan al cambio climático iniciado a mediados del siglo XIX y que permanece hasta la actualidad en la región². Las fuentes que utilizamos consisten en el Registro Oficial de la Provincia de Buenos Aires, las memorias e informes del Ministerio de Obras Públicas (actual Ministerio de Infraestructura y Servicios Públicos), los mensajes de los gobernadores, las sesiones de las Cámaras de Diputados y Senadores de la provincia, expedientes y documentación interna del Departamento de Ingenieros y la Dirección Provincial de Hidráulica, periódicos locales, regionales y nacionales en sus versiones digitales, así como páginas web de diferentes organizaciones no gubernamentales.

Las investigaciones con perspectivas analíticas multidisciplinarias han encontrado que la conjunción de la información cualitativa en los períodos preestadísticos, especialmente las Actas del Cabildo de Buenos Aires, y los registros históricos de lluvias y sequías, así como también los estudios sobre mamíferos y ostrácodos coinciden en fundar la hipótesis sobre una “Pequeña Edad de Hielo”, con clima seco y frío entre 1450 y 1850, a la que siguió un cambio en el régimen de lluvias³. Esto explica que las décadas de 1870 y 1880 fueran pródigas en eventos climáticos extremos en la provincia de Buenos Aires, siendo la más afectada la cuenca del río Salado, justamente en la época en que se estaba incrementando el uso extensivo del suelo para la producción

agrícola y ganadera⁴. Los ciclos de inundaciones y sequías se sucedieron hasta la década de 1920, recrudeciendo luego de los años ochenta, cuando se notó un corrimiento de las isoyetas hacia el oeste en toda la provincia, hasta la actualidad⁵. Tal como lo plantea Carballo, hay que agregar a esto “procesos de apropiación económica que, a su vez, retroalimentan la fragilidad ambiental y ecológica del territorio”⁶.

Para el contexto de cambio climático del primer entresiglo que estudiamos, se ha establecido una periodización acerca de las políticas con respecto al exceso de agua: entre 1880 y 1913 se concentraron en la canalización, hasta que las inundaciones del mismo año de inauguración determinaron que no se continuaran unas obras de tal magnitud. La segunda etapa va entre 1913 y 1956 y en ella se proponen proyectos a favor y en contra de colectar el agua, viéndose condicionados por tener que incluir la obra realizada en el período anterior. Finalmente, la tercera etapa comienza en la Conferencia sobre Desagües de la Provincia de Buenos Aires, con una mirada del problema no exclusivamente hidráulica, pero sin lograr soluciones concretas⁷. También se ha demostrado que, entre la década de 1860 y la de 1940, la cuestión de cómo atender al ciclo climático era una de las más importantes para las políticas públicas sobre el agua, notándose una tensión entre los estudios científicos y las soluciones adoptadas por las agencias del estado provincial⁸. Estudiamos los proyectos para solucionar el exceso de agua en la cuenca del río Salado entre 1890 y 1910, signados por la intención de extraer el excedente hídrico a través de canales de desagüe, tendiendo a solucionar el tema en el corto plazo y con un enfoque local, privilegiando los campos más bajos en las cercanías de la bahía de Samborombón, donde desembocan los dos ríos mayores de la provincia, el Salado y el Samborombón⁹.

En un contexto de cambio climático hacia un período más húmedo y de una particular conformación del capitalismo en Argentina desde el siglo XIX hasta hoy, la centralidad del problema, en el largo plazo, está dada por una de las constantes en las políticas públicas sobre la gestión del agua: la presión que el incremento, primero extensivo y luego intensivo, de la producción agropecuaria ha ido generando sobre la gestión de bie-

1. Agradezco los comentarios críticos, información y sugerencias del ingeniero Marcelo Rastelli, así como los cálculos para las tablas 1 y 2 al Dr. Martín Cuesta.

2. El segundo ciclo podría ser un poco más extenso desde el punto de vista del cambio climático, comenzando al menos a inicios de la década de 1970. Pero nos interesa indagar particularmente los aspectos de la gestión estatal desde el período democrático posterior a la última dictadura militar de 1976-1983.

3. Deschamps, Otero y Tonni, 2003. Laprida y Valero-Garcés, 2009. Politis, 1984.

4. Aceituno et al., 2009.

5. Falasca et al., 1995. Moncaut, 2003. Scarpati y Capriolo, 2013.

6. Carballo, 2014, 2.

7. Zarrilli, 1997. Este autor se basó en escritos de ingenieros de la época y en Durán, 1981.

8. Pereyra, 2010.

9. Banzato, 2013.

nes naturales comunes¹⁰ como el agua en la provincia de Buenos Aires. Los trabajos interdisciplinarios —especialmente desde la geografía y la sociología— coinciden en señalar que se ha seguido insistiendo en intentar desaguar el exceso de agua en épocas de inundación, sin lograr los resultados esperados, incluso empeorando la situación en muchos lugares. En ese sentido, también es recurrente el enfoque local de las medidas llevadas a cabo, en detrimento de perspectivas que tengan en cuenta no solamente territorios más extensos que abarquen la totalidad de una cuenca, sino también fuertes cambios en la relación entre la sociedad y la naturaleza¹¹.

Los trabajos sobre políticas públicas tienen una larga tradición tanto desde las perspectivas históricas como sociológicas y antropológicas. En los últimos años se ha retomado con mayor énfasis una línea de trabajo en torno a la relación entre los saberes científicos y las políticas públicas, especialmente las disputas inherentes al proceso de construcción estatal¹² y la formación del funcionariado¹³. Bohoslavsky y Soprano realizaron un completo estado del arte sobre los diferentes abordajes disciplinares sobre el Estado y formularon una productiva propuesta que es una interesante guía para la indagación, ya que permite prestar atención a las variadas dimensiones del Estado¹⁴. Últimamente, los enfoques interdisciplinarios sobre las burocracias, los profesionales y los intelectuales de Estado en aspectos como la salud pública, la educación, la economía y las fuerzas armadas analizan las estrategias pensadas para el despliegue del Estado, los reclamos por una mayor intervención del Estado en el diseño y especialización de las agencias, por un mayor presupuesto para sostener los proyectos, las interrelaciones entre las instituciones privadas y el Estado, el posicionamiento de la mujer como profesional de Estado, los procesos de institucionalización de las profesiones, las disputas en los campos profesionales, la apelación a las agencias externas en el diseño de proyectos¹⁵, etc.

En los últimos años los estudios sobre la provincia de Buenos Aires se han ocupado mucho más del funcionamiento que de la estructura de las agencias del Estado.

Sin embargo, algunos trabajos nos permiten dar cuenta de que la creación de agencias, su modificación y supresión es parte de una historia secular en la que los recambios en la política repercuten en la estructura del Estado. Una revisión todavía incompleta de numerosos trabajos nos permite conocer que sobre los primeros años de la consolidación del Estado se ha estudiado la transformación del Departamento Topográfico en Departamento de Ingenieros, como veremos más adelante¹⁶. También se ha estudiado la acción de la legislatura nacional como promotora de la red de ferrocarriles del Estado a partir de la creación del Ministerio de Obras Públicas. Los ingenieros protagonizaron el proceso planificando centralizadamente la red, no sin colisiones con las elites provinciales¹⁷, y se analizó la creación y los primeros años de funcionamiento del Departamento de Ingenieros Civiles en el ámbito nacional¹⁸. Entre el primer radicalismo y finales de la década de 1930 se han explicado los discursos y las vinculaciones de los ingenieros en torno al modelo de vialidad norteamericano durante la conformación de la Dirección Nacional de Vialidad¹⁹ y las tensiones que generaba la agenda política en la gestión del Ministerio de Obras Públicas de la Provincia de Buenos Aires, en la modificación de las agendas y, consecuentemente, la tendencia a la ampliación de la estructura de reparticiones y el nombramiento del personal. También se han tenido en cuenta las tensiones entre los técnicos y los políticos²⁰. Asimismo, se ha detallado el surgimiento de la Cámara Argentina de la Construcción dentro del Centro Argentino de Ingenieros en la década de 1930, hasta su separación en 1942, y los cambios en las relaciones de los ingenieros, sus instituciones representativas y el Estado en torno a la obra pública²¹.

Así como hemos visto para el entresiglo XIX-XX, los estudios sobre el último período democrático iniciado en 1983 también son parciales en cuanto a la temática o a la temporalidad que abarcan. Se ha estudiado que las políticas sociales entre 1984 y 2004 se llevaron adelante en un organigrama sumamente cambiante, debido, entre otras variables, a la dinámica de la lucha partidaria e intrapartidaria y la utilización política de los planes sociales por parte de la dirigencia política²². Se ha demostrado que durante la gobernación de Felipe Solá, los

¹⁰. Con Lucrecia Wagner, entendemos que el agua es un "bien natural común", en tanto se considera "los servicios ambientales de la naturaleza, y su valor simbólico, de existencia y de legado" (Wagner, 2010).

¹¹. Para un desarrollo de estos argumentos, Banzato, 2016a.

¹². Bohoslavsky y Godoy Orellana, 2010.

¹³. Frederic, Graciano y Soprano, 2010. Graciano, 2003; 2004. Plotkin y Zimmermann, 2012.

¹⁴. Bohoslavsky y Soprano, 2010.

¹⁵. Di Liscia y Soprano, 2017. Rodríguez y Soprano, 2018.

¹⁶. D'Agostino, 2015. D'Agostino y Banzato, 2015a; 2015b.

¹⁷. Palermo, 2006, 2006b; 2007.

¹⁸. Escobar, 2007.

¹⁹. Gruschetsky, 2012.

²⁰. Fernández, 2014; 2019.

²¹. Ballent, 2019.

²². Camou y Mateo, 2007.

planes de reforma del Estado se vieron obstaculizados por las diferentes interpretaciones de la gobernabilidad, entre la eficacia, la legitimidad e inclusión social y la estabilidad²³. También fueron analizados los pormenores de las reformas del estado provincial durante la gobernación de Duhalde en los noventa y la creación del Ente administrador del Fondo de Reparación Histórico para el conurbano bonaerense²⁴. Sobre el tema que nos ocupa, se realizó un minucioso análisis de las presiones sectoriales entre el poder legislativo, el ejecutivo, los gremios y las agencias del Estado provincial que llevaron a la creación de la Autoridad del Agua y la sanción del Código de Aguas en la provincia²⁵. Se han mostrado, también, las deficiencias institucionales y políticas en torno a la gestión del problema ambiental en la Región Metropolitana de Buenos Aires, así como la escasa incidencia de los temas ambientales en el presupuesto provincial, el cual mejora solo con financiación externa a partir de 2004²⁶.

Cierto es que no hay trabajos en el ámbito de las ciencias sociales que aborden el problema de la gestión pública del agua en la cuenca del río Salado desde una perspectiva de largo plazo. Tal como veremos, tampoco esa perspectiva es tenida en cuenta por los propios gestores. Este artículo resume, a partir de trabajos anteriores²⁷, las obras, la financiación y la participación de los propietarios del entresiglo XIX-XX y continúa con nuevas evidencias del entresiglo XX-XXI, poniendo el conjunto de argumentos en perspectiva comparada.

Percepción del cambio climático: proyectos y obras en la cuenca del río Salado

El río Salado nace en la laguna del Chañar, en el límite de las provincias de Buenos Aires y Santa Fe, y desemboca en el río de La Plata, en la bahía de Samborombón. Su cuenca hidrográfica natural abarca unos noventa mil km², aunque las modificaciones antrópicas la han ampliado hasta los 140.000 km². A lo largo de su recorrido recibe numerosos afluentes y en su tramo inferior se forman lagunas. Se caracteriza por la alternancia de inundaciones y sequías, abundancia de flora y fauna terrestre y acuática. Forma parte

de la región productora de alimentos más importante de Argentina desde el siglo XIX a la actualidad, por lo que ha sido alterada debido a la producción agropecuaria, la fundación de ciudades y pueblos, el trazado de vías férreas, caminos y de una red de canales de desagüe²⁸, cuya construcción y gestión se estudia a continuación (ver Mapa 1).

PRIMEROS IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO Y RESPUESTAS AISLADAS (1870-1889, 1983-1997)

En ambos períodos, la característica de la gestión pública ha consistido en ir acompañando las inundaciones con obras menores o ayudando a la población a recomponer sus bienes. Durante el período 1870-1889 la Legislatura provincial fue votando leyes especiales y el poder ejecutivo fue dictando decretos que asignaban los recursos. En agosto de 1873, la legislatura autorizó al poder ejecutivo a encargar los estudios necesarios para poder aumentar el caudal del río Salado²⁹. En noviembre de ese mismo año hubo copiosas lluvias y en el invierno siguiente muchas más. Hubo sequía durante los primeros meses de 1877, pero para fines de marzo el río Samborombón estaba desbordado al punto de destruir las vías férreas y para mayo el Salado se había salido de su cauce rompiendo también los terraplenes del ferrocarril³⁰. En julio el gobernador nombró una comisión conformada por las presidentas de la Sociedad de Beneficencia, las Damas de Caridad y las Damas de Misericordia para distribuir fondos entregados por el gobierno nacional y el que solicitaba a las Cámaras Legislativas, las que votaron favorablemente el monto solicitado. Además, la de Senadores realizó una donación. Al mes siguiente, la Legislatura autorizó al poder ejecutivo a invertir “en las obras de desagüe al Sud de la Provincia”³¹. Las lluvias arreciaron en julio de 1878 cuando se desbordaron algunos arroyos³². Nuevamente reaccionaban los dirigentes sobre el hecho consumado, votando otra autorización al gobernador para destinar fondos en obras de desagüe³³.

El primer semestre de 1883 fue tremendamente seco, pero le siguieron fuertes lluvias invernales. El 11 de julio el gobernador envió una comisión a los partidos del sur, integrada por el secretario de gobierno, dos ingenieros

²³. Piana, 2008.

²⁴. Erbetta, 2011.

²⁵. Isuani, 2010.

²⁶. Cáceres, 2014. Gutiérrez, 2012.

²⁷. Banzato, 2016a; 2016b.

²⁸. Gabellone, Sarandón y Claps, 2003.

²⁹. ROPBA, 1873, 431-432.

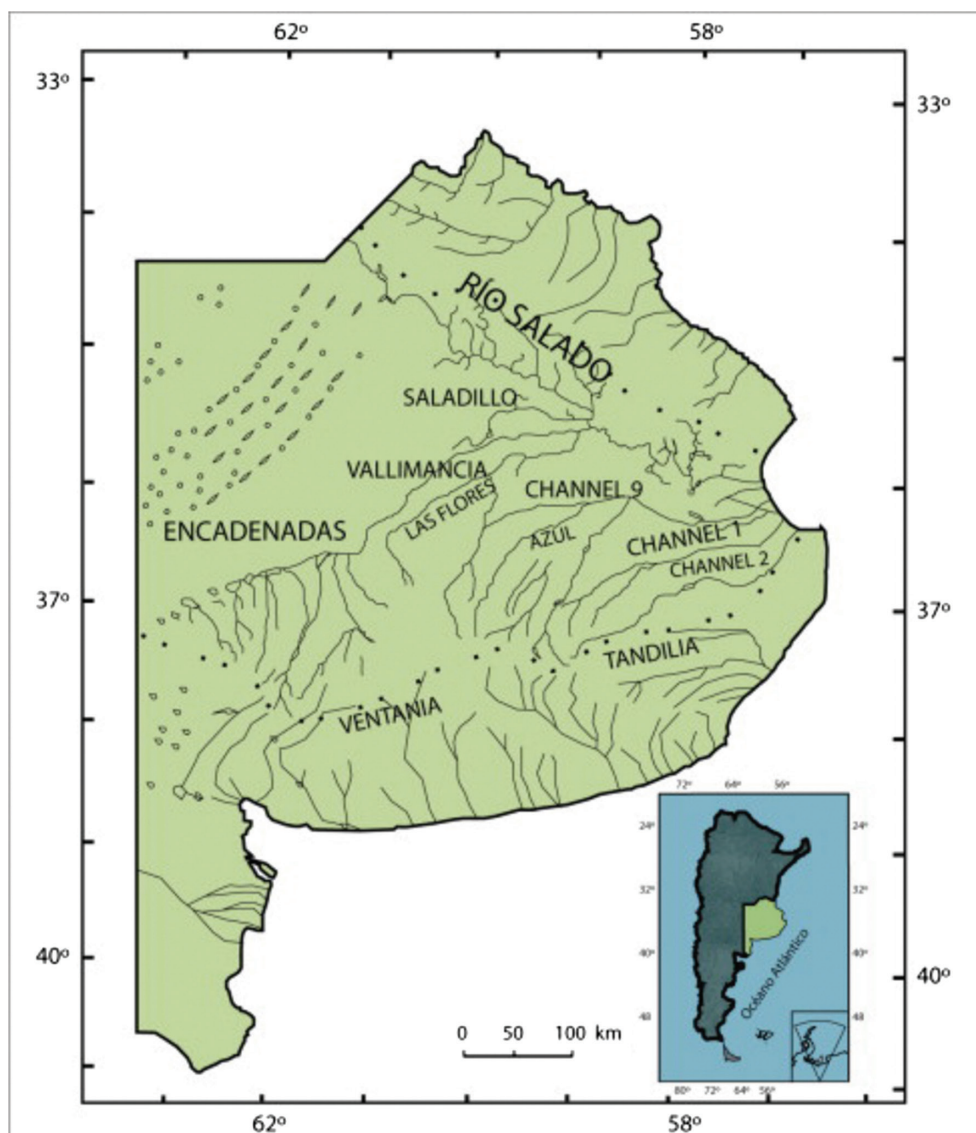
³⁰. Moncaut, 2003, 41.

³¹. ROPBA, 1877, 259-260, 263-266 y 278.

³². Moncaut, 2003, 42.

³³. ROPBA, 1878, 73-74 y 200-201.

Mapa 1. Provincia de Buenos Aires y sus principales características hidrológicas



Fuente: Scarpati y Capriolo, 2013, 43.

y un vocal del DI. Evidentemente, los trabajos que se habían realizado con ocasión de la inundación de 1877 no habían dado resultado o se habían destruido por la fuerza de las aguas, pues a fines de julio el gobernador ordenó que se retomaran³⁴. Ya se estaba pensando en salir del círculo inundación local-obra paliativa-inundación local, pues en septiembre de 1883 se le encargó a los ingenieros Lavalle y Médici una “red general de canales en la Provincia”, asentada en el principio de desagotar con rapidez los campos “para evitar los graves perjuicios que sufre hoy la campaña”. Dos meses después, Francisco Lavalle, quien viajaba a Europa, fue comisionado para estudiar “los diversos sistemas de canalización que se hayan ejecutado con mejor éxito”³⁵. La inundación de

1886, en la que el arroyo del Vecino alcanzó las dos leguas de ancho, requirió nuevas gestiones de urgencia: a fines de junio el gobernador decretó una asignación a la municipalidad de Azul para ayudar a las familias pobres inundadas³⁶.

Veamos ahora cómo, durante el entresiglo XX-XXI, se mantuvieron similares acciones cuando el clima comenzó a hacerse, nuevamente, más húmedo. La inundación de 1985 afectó al oeste de la provincia, provocando la desaparición de un pueblo. Las obras realizadas sin un plan integral, para dar rápida respuesta al afán de los propietarios para desagotar sus campos, como el canal Ameghino, confluyeron con precipitaciones anormales que saturaron la capacidad de escurrimiento de

34. Moncaut, 2003, 42. ROPBA, 1883, 544-545 y 565-566.

35. ROPBA, 1883, 577-578, 586-587, 613-614 y 681.

36. Moncaut, 2003, 44. ROPBA, 1886, 769.

los suelos³⁷. Dos años después se inundaron los partidos del noroeste³⁸. El gobernador gestionó apoyo estatal y un crédito del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) con los que se planteó el Plan Maestro de Ordenamiento Hídrico y la rectificación de la desembocadura del río Salado. Además, se programó una futura canalización de 100 km. En 1989, por la ley 10.170, se creó la Comisión para el Desarrollo de la Zona Deprimida del Salado, la cual tenía entre sus objetivos el de “propiciar la coordinación en la ejecución de los programas, acciones y obras tendientes a mejorar las condiciones hidrológicas y la infraestructura física del área”³⁹. Sin embargo, en un estudio reciente de la Dirección Provincial de Obra Hidráulica se evaluó que “intentó establecer una organización multidisciplinaria para el desarrollo de la Zona Deprimida, pero fracasó debido a la falta de compromiso por parte de los Ministerios participantes”⁴⁰. Entre 1992 y 1995 las inundaciones volvieron a la zona, se instaló una estación de bombeo, se realizaron defensas urbanas y se integraron las lagunas en un mismo sistema⁴¹. Un estudio de las declaraciones de funcionarios en medios de prensa, durante las inundaciones de 1993 en 16 partidos, destaca que las explicaciones sobre sus políticas, tanto en el nivel nacional como en el provincial, se ocupaban de la coyuntura, sin denotar planificación en el mediano y largo plazo, es decir, ni más ni menos que cien años antes, según hemos visto⁴². Es más, se identificaron conflictos en diferentes niveles de gestión, entre intendentes de los diferentes municipios y partidos políticos, entre las autoridades municipales y las provinciales y entre los funcionarios provinciales y la sociedad civil de las comunas⁴³.

PLANES PARA EL DESAGÜE DE LA CUENCA DEL SALADO (1890-1913, 1997-2018)

En ambos períodos, luego de los esfuerzos de responder caso por caso, se elaboraron planes que intentaron

(intentan) dar una solución estructural al problema de las inundaciones, aunque se siguieron atendiendo los problemas locales. El primero de ellos se centró en aumentar las vías de desagüe a través de canales que complementaran a los ríos y arroyos de la cuenca del río Salado. Desde fines del siglo XX se ha concentrado el foco en el Plan Maestro Integral Cuenca del río Salado, con mayor énfasis en los trabajos sobre el cauce de este río.

En mayo de 1890 el gobernador informó a la legislatura que había encomendado un estudio para la construcción de canales en la provincia, el cual ya había sido revisado por una comisión que dictaminó favorablemente acerca de su factibilidad. Al mismo tiempo se realizaban obras de defensa del río Luján y un canal de desagüe. En 1893, se promulgó una ley que facultaba al ejecutivo a realizar una serie de canales de desagüe en el sur de la provincia⁴⁴. En noviembre de 1895 se desbordaron los ríos Salado y Samborombón por un fuerte temporal que duró una semana⁴⁵. En su mensaje de mayo siguiente, el gobernador informó sobre las sumas que se habían pagado para la construcción de los canales de desagüe⁴⁶. Las inundaciones del otoño de 1900 abarcaron seis millones de hectáreas⁴⁷. El ejecutivo estaba atento a las contingencias climáticas y en abril ordenó que se realizaran trabajos que permitieran mitigar los daños de la inundación. Para fines de mayo entendía que las inundaciones de la primavera anterior, sumadas a un otoño lluvioso requerían medidas drásticas, de modo que autorizó un gasto adicional con el fin de solventar el traslado de un grupo importante de comisionados del Departamento de Ingenieros para que practicasen otra serie de trabajos en la cuenca baja del río Salado. Las tareas consistían en abrir los tajamares que los propietarios tuvieran cerrados y en dar salida a través de los terraplenes del Ferrocarril Sur allí donde este estuviera reteniendo agua. Nótese que la capacidad del Estado provincial para regular el uso del territorio era muy escasa, puesto que los particulares hacían sus propias obras en un desordenado y desesperado intento de sacarse de encima el agua, en tanto las grandes empresas ferrocarrileras habían trazado las líneas sin cuidar del todo las corrientes naturales de desagote de los campos. Finalmente, una ley promulgada en septiembre asignaba un presupuesto a las obras⁴⁸.

37. Caputo y Herzer, 1987, 248-249. Miraglia, 2013. <http://revistaanfibia.com/cronica/epecuen-jamas-se-inundaria/>. El ing. Marcelo Rastelli nos aclaró que “El Canal Ameghino fue construido para aportar agua, mediante su trasvase, a las lagunas Encadenadas, fuente de recurso turístico, que se caracterizan por su tendencia a la sequía”, comunicación personal por correo electrónico, 10 de febrero de 2020.

38. “La provincia de Buenos Aires se divide administrativamente en 135 municipios llamados constitucionalmente partidos” https://es.wikipedia.org/wiki/Organizaci%C3%B3n_municipal_de_la_provincia_de_Buenos_Aires.

39. <https://intranet.hcdiputados-ba.gov.ar/refleg/lw10170.pdf>.

40. Dirección Provincial de Obra Hidráulica, 2017, 16.

41. <http://www.revistaanfibia.com/cronica/epecuen-jamas-se-inundaria/>. Di Santi, 2012. Miraglia, 2010.

42. Natenzon et al., 1997.

43. Gurevich, 1995.

44. ROPBA, 1890, 265-267; 1893, 21-25.

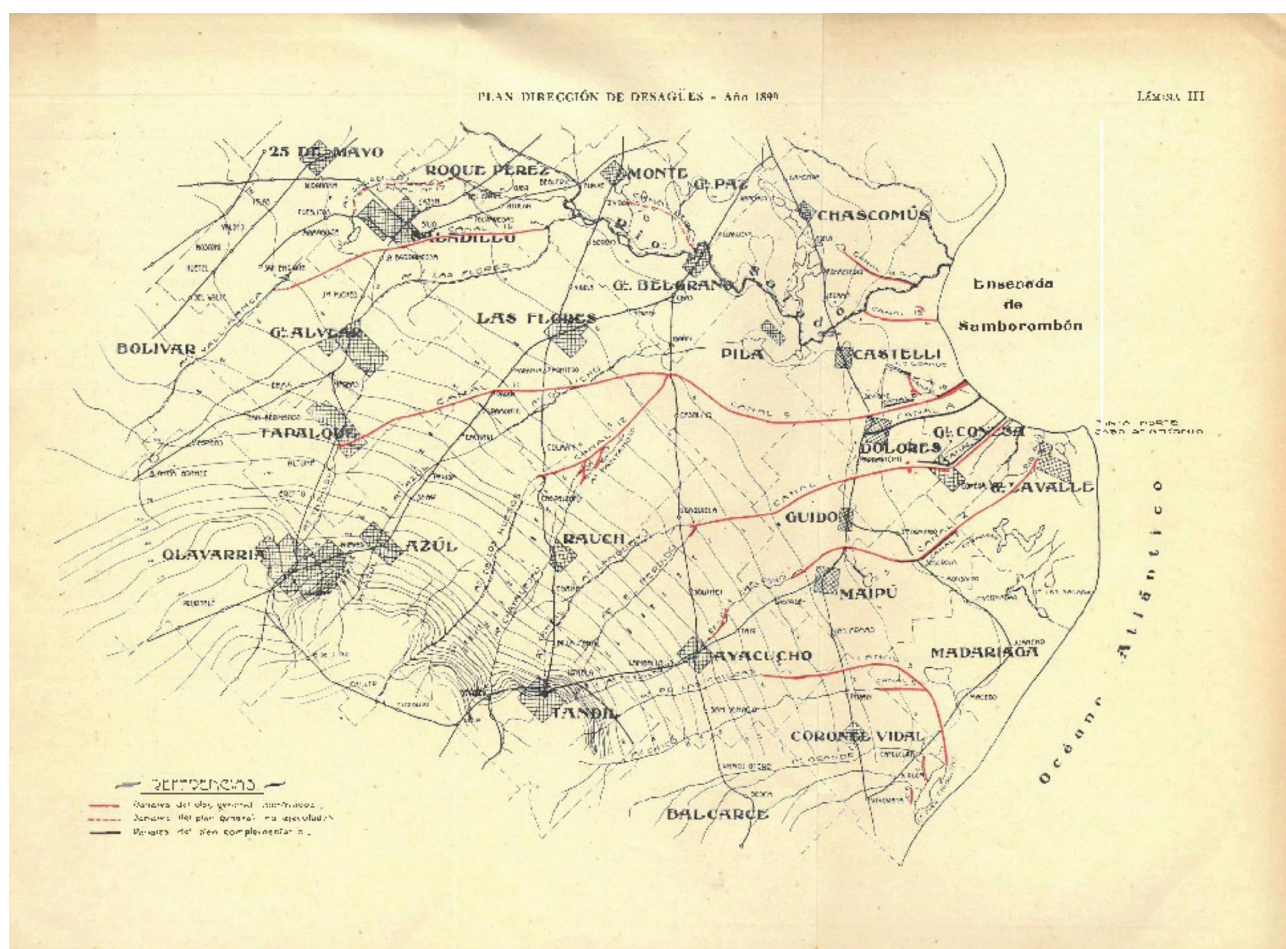
45. Moncaut, 2003, 44.

46. ROPBA, 1896, 583; 1897, 559.

47. Moncaut, 2003, 44.

48. ROPBA, 1900, 260, 527-528 y 792-801.

Mapa 2. Plan de Dirección de Desagües de la Provincia de Buenos Aires, 1899



Fuente: Dirección de Desagües de la Provincia de Buenos Aires, 1929, Lámina III.

En 1903 se aprobaron planos y presupuestos para sanear unos bañados y al año siguiente las obras de desagüe estaban en marcha (véase Mapa 2). Dos años después la legislatura autorizaba el auxilio económico a los damnificados por la creciente del río Paraná. De allí en adelante, los gobernadores fueron informando a la legislatura sobre la marcha de las obras hasta su culminación⁴⁹. En el mensaje de 1912 el gobernador detalló los canales que estaban en construcción, los proyectados y los terminados, a cuya inauguración concurrió el presidente Roque Sáenz Peña, marcando la importancia del tema. Al año siguiente los canales alcanzaban los 1.078 km, sirviendo a unos 620 km de campos. Sin embargo, para agosto el gobierno reconocía “que las inundaciones actuales han demostrado que es indispensable afrontar el problema de los desagües con obras que deberán ser precedidas de un estudio detenido” y asignaba nuevo presupuesto a la Dirección de Desagües. Aun con los esfuerzos económicos y logísticos realizados, la

teoría de la canalización como solución al exceso hídrico se demostró poco eficaz y el gobierno tuvo que autorizar a la policía la provisión de víveres y ropa a las familias damnificadas⁵⁰. El fracaso de las obras de canalización, el mismo año de su inauguración, significaron un gran golpe para las esperanzas de solución del exceso de agua en la provincia; en los años siguientes se presentaron numerosos planes para corregir lo realizado, siempre basados en el paradigma de la canalización, pero no se llevaron a cabo⁵¹.

Nuevamente damos un salto en el tiempo para poder comparar con las políticas desarrolladas en el entresiglo XX-XXI. En 1997 el gobierno provincial contrató los servicios de la consultora Sir William Halcrow & Partners, que propuso un plan de recursos hídricos que definía a la cuenca del río Salado integrada por unos diecisiete millones de hectáreas⁵². El plan original tuvo

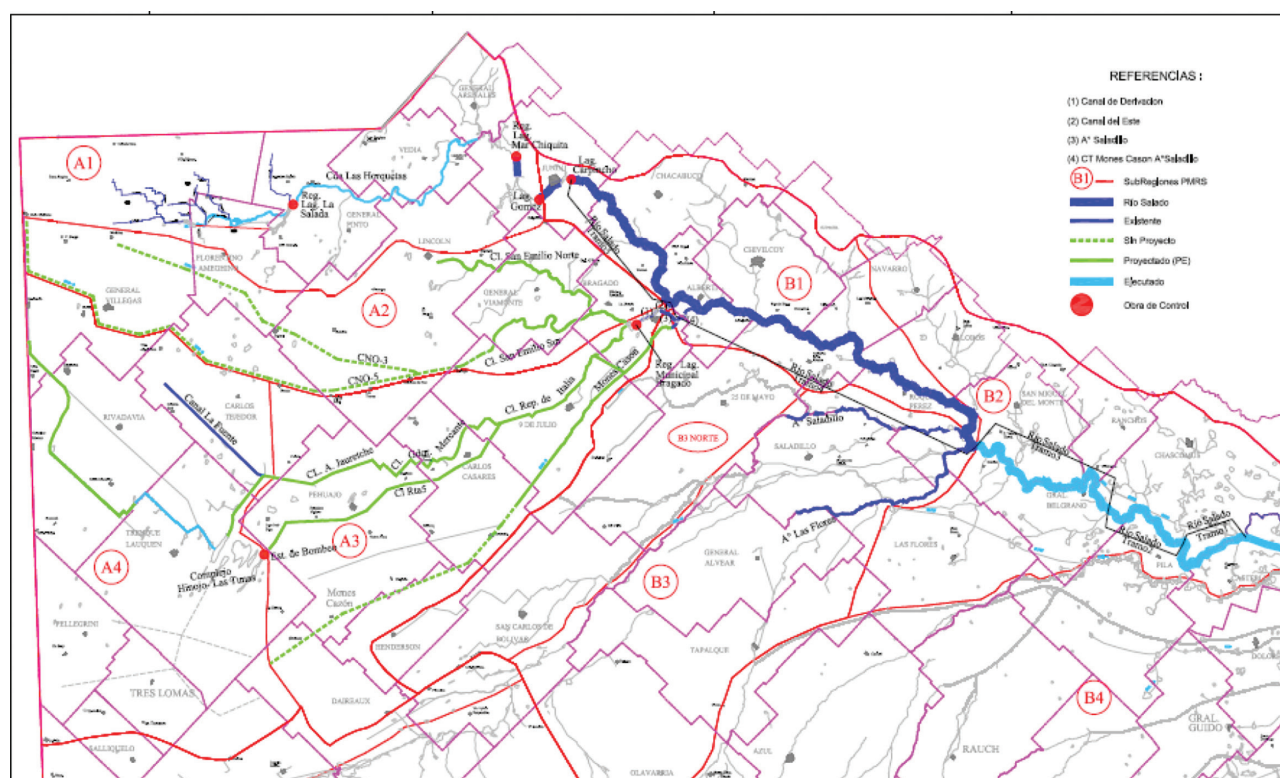
49. ROPBA, 1903, 688-689; 1904, 425-426; 1905, 490-491; 1906, 617-618; 1907, 528-529; 1908, 445, 447-448; 1909, 479-480; 1911, 655; Decreto del 14 de junio de 1911, 805.

50. ROPBA, 1912, 606-609; 1913, 513-515; Decreto del 5 de agosto de 1913, 803-804; Decretos del 22 y 24 de agosto de 1913, 849-850 y 853-854.

51. Banzato, 2018. Zarrilli, 1997.

52. <https://www.diariodemocracia.com/locales/juin/154559-plan-maestro-nacio-hace-anos-todavia-ejecuto-mitad/>.

Mapa 3. Planimetría de la ubicación general de las obras en la cuenca del río Salado



Fuente: Dirección Provincial de Obra Hidráulica, 2016, 10.

luego diferentes modificaciones⁵³. Vamos a utilizar aquí para una breve descripción la información pública que figura en la web del Ministerio de Infraestructura de la Provincia de Buenos Aires⁵⁴. Desde los objetivos, el plan actual se diferencia del anterior paradigma del desagüe al plantearse “reducir los impactos negativos que tienen las inundaciones y sequías en la economía de la cuenca”. Además, se propone mejorar la economía desde la visión del desarrollo sustentable, integra una mirada medioambiental que se propone preservar los humedales, los suelos y las aguas subterráneas y, por último, tiene en cuenta la necesidad de implementar un marco institucional. Divide a la cuenca en tres grandes regiones hídricas, sobre las que se aplican criterios físicos, hidrológicos, de producción y medioambientales.

Durante la implementación del Plan Maestro Integral, pensado para desarrollarse en etapas y que lleva más de veinte años funcionando, se han anegado los campos de la provincia en numerosas ocasiones. Desde 1998 a 2001 las inundaciones fueron recurrentes. En 1999, cuando ya estaban más de un millón de hectáreas bajo agua un productor reconocía: “A pesar de que está prohibido hacer canales, los hacemos igual

para sacar el agua de nuestro campo y que corra hacia el campo vecino”⁵⁵. En 2001 estaban afectadas cinco millones de hectáreas, con gran número de evacuados y entrada de las aguas a diferentes ciudades. Las condiciones empeoraron en 2002. Un productor planteaba que “El Plan Maestro no es más que un plan teórico de la provincia de Buenos Aires que ni siquiera contempla el real aporte de aguas de Córdoba y Santa Fe. Apenas orilla los aspectos de prefactibilidad, así que está lejos de ser un proyecto que contemple algún tipo de implementación”⁵⁶.

53. <https://www.lanacion.com.ar/lifestyle/campo-sobre-llovido-mojado-nid211748>. Como aseveraba Carballo (2014): “El plan integral de cuenca que nunca se acaba de sustanciar y el “sálvese quien pueda” ha dado lugar a un caos de canales clandestinos que se hacen evidentes cuando cae una gota de más, con la ineludible afectación del mundo rural y de la vida urbana, las que se sumergen en inundaciones y desastres “nunca vividos”. Nótese que la investigadora analiza muy bien que la memoria colectiva no consigue percibir los problemas en el largo plazo, perdiendo de vista que las inundaciones vividas son una réplica de anteriores situaciones.

54. Scarpati y Capriolo, 2013, 41. <https://www.lanacion.com.ar/economia/campo-la-peor-de-todas-nid196215>, <https://www.eldia.com/nota/2001-10-11-inundaciones-crece-el-numero-de-evacuados-y-de-campos-ane-gados>. Con respecto a los dichos del productor que aparecieron en los periódicos de la época, el ing. Marcelo Rastelli realiza la siguiente aclaración: “El Plan tiene como input los caudales ingresantes desde Santa Fe (La Pica Alternativa Sur 5 m³/s), Córdoba (Canal de Serrano desde Laguna del Siete en Charlone 7 m³/s), y La Pampa (ingreso de los excedentes de río Quinto y sur de Córdoba 15 m³/s)”, comunicación personal por correo electrónico 10 de febrero de 2020.

53. Información oral del ing. Marcelo Rastelli, 27 de enero de 2020.

54. <http://www.mosp.gba.gov.ar/sitios/hidraulica/informacion/planmaestro.php>.

En 2004 se anunció el comienzo de las obras de canalización en la desembocadura del río Salado, que habían sido frenadas por una acción judicial de una de las empresas que se presentó a la licitación. Asimismo se informó sobre el inicio de la licitación del segundo tramo y que el proyecto para el tercer tramo estaba listo. En 2010 la presidenta de la nación volvía a anunciar las mismas obras⁵⁷.

En el invierno de 2012 las lluvias arrieron en la cuenca del río Salado⁵⁸. Para 2014, los extraordinarios 1.200 mm caídos en lo que iba del año produjeron inundaciones tanto en la zona rural, con gran pérdida de animales por estar en época de parición y en los cultivos, además de afectar a varias ciudades con barrios anegados. La magnitud de lo ocurrido hizo que diecinueve partidos fueran declarados en estado de emergencia y/o desastre. Una vez más, las notas periodísticas se hicieron eco de la falta de obras, especialmente la postergada ejecución del Plan Maestro Integral Cuenca del Río Salado⁵⁹. En 2015 la Confederación de Asociaciones Rurales de Buenos Aires y la Pampa (CARBAP) dio a conocer un informe con registro de lluvias y situación de los partidos rurales de la provincia, señalando el grave estado de aquellos aledaños al río Salado: “es imprescindible y urgente que Hidráulica intervenga reparando las compuertas rotas existentes desde hace muchos años, levantando y reforzando los terraplenes y ensanchando todos los canales que desembocan en la bahía ya que están obstruidos y son sumamente insuficientes para la cantidad de agua que se le incorpora desde los partidos más altos”⁶⁰. En 2016 –por resolución 394 del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación– se declaró en emergencia y/o desastre agropecuario a varios partidos del oeste debido a las inundaciones. También estuvieron afectados los del norte⁶¹.

En agosto de 2017 un informe de CARBAP estimaba en un 26 % las hectáreas afectadas por inundaciones o anegamientos en la cuenca del río Salado. Al mes siguiente las autoridades provinciales anunciaban la continuidad del plan de obras parciales y del Plan Maestro del río Salado, el cual, decían, debió terminarse en 2011⁶².

Agencias estatales y organizaciones representativas del sector agroindustrial

En este apartado revisaremos en el largo plazo la estructura de funcionamiento de las agencias estatales encargadas del problema hídrico, al tiempo que nos ocuparemos de la participación de las corporaciones en este organigrama. Nuestro objetivo es dejar planteados los esquemas básicos de funcionamiento para que, en el avance de nuestra investigación, por un lado, podamos visualizar las trayectorias una vez que podamos ubicar a los actores que fueron ocupando los diferentes cargos y, por otro lado, revisar hasta dónde los cambios realizados estaban vinculados a una dinámica de conformación de la burocracia estatal y hasta dónde se trataba de meros ajustes coyunturales en la mirada de los políticos de turno⁶³.

LAS MODIFICACIONES EN EL ORGANIGRAMA ESTATAL

En 1875 se creó el Departamento de Ingenieros, que asumió las funciones del anterior Departamento Topográfico⁶⁴. Se dispuso que el nuevo organismo debía examinar los planos, presupuestos y condiciones relativas a toda obra pública de carácter provincial, practicar o dirigir los estudios necesarios para la ejecución y trabajos a cargo del gobierno provincial; entender en los llamados y propuestas de licitación de obras públicas, así como controlar el cumplimiento de los contratos; inspeccionar los ferrocarriles, proyectar los estudios, construcciones y mejoras relativas a vías férreas, puentes, trabajos hidráulicos y demás obras provinciales y dirigir su ejecución, realizar propuestas para la conservación de las obras de propiedad de la Provincia,

57. <https://www.lanacion.com.ar/economia/campo/avanzan-las-obras-en-la-cuenca-del-salado-nid635257>. <https://www.lanacion.com.ar/economia/anuncian-por-segunda-vez-en-dos-anos-la-canalizacion-del-salado-nid1239977>.

58. <https://www.lacapital.com.ar/edicion-impresas/las-inundaciones-ponen-jaque-la-provincia-buenos-aires-n514821.html>, <https://www.gacetamer-cantil.com/notas/16365/>.

59. <https://www.lanacion.com.ar/economia/bajo-el-agua-en-dolores-se-quejan-por-la-falta-de-obras-nid1726906>. <https://www.lanacion.com.ar/economia/campo/el-clima-no-suele-esperar-a-la-falta-de-prevision-y-a-los-canales-de-drenaje-nid1756627>.

60. <http://www.cra.org.ar/nota/15444-datos-de-las-inundaciones-en-la-provincia-de-buenos-aires/>.

61. Esta entidad se fundó en 1932, es una de las más importantes de las que se nuclean en la entidad de tercer grado Confederaciones Rurales Argentinas (Lázaro, 2019), según su página web “agrupa 114 entidades de base ubicadas en el territorio de las provincias de Buenos Aires y La Pampa, que representan a más de 34.000 productores de toda la pampa húmeda” <http://www.carbap.org/Sitio/Institucional/Historia.asp>. https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/prensa/?accion=noticia&id_info=161215104112. <https://www.telesurtyv.net/news/Cientos-de-evacuados-tras-lluvias-al-norte-de-Buenos-Aires-20161226-0016.html>. <https://www.eldia.com/nota/2016-4-21-el-drama-de-las-inundaciones-se-extiende-tambien-en-la-provincia>.

62. <http://www.carbap.org/sitio/imgotras/InundacionesAgosto2017.pdf>. <https://www.lanacion.com.ar/economia/campo/inundaciones-destacan-el-inicio-de-mas-obras-nid2060449>.

63. El primer período, 1875-1915, resume los aspectos centrales que ya hemos planteado en Banzato, 2016b. D'Agostino y Banzato, 2015a.

64. D'Agostino, 2015.

y, finalmente, todas las funciones que hasta entonces habían correspondido al Departamento Topográfico⁶⁵. Estaba liderado por un presidente, al que acompañaban siete vocales y un secretario. El resto de los cargos se dividía en las áreas Catastro, Sala de Dibujo, Archivo, Mesa de Carpetas, Mesa de Entradas, Secretaría, Sección de Obras Públicas, Sección de Geodesia, y Litografía. El presupuesto de 1880 refleja fuertes cambios. Por un lado, el personal se redujo drásticamente, por otro se reorganizaron las áreas: las Secciones de Obras Públicas y de Geodesia se fusionaron, se creó Registro Gráfico, se mantuvo la Sala de Dibujo, otra creación fue Catastro de la Ciudad y se mantuvieron también Archivo, Mesa de Carpetas, Mesa de Entradas y Litografía⁶⁶.

En 1885 se promulgó la ley por la cual se creaba el Ministerio de Obras Públicas como el tercer ministerio de la administración bonaerense, del cual pasaba a depender el Departamento de Ingenieros. Se había duplicado el personal. Además del presidente, secretario y encargados de mesas de entrada y de carpetas, los empleados se distribuían en cinco secciones: Geodesia, Arquitectura, Ferrocarriles, Puentes y Caminos, y Catastro. Completan la planta la Oficina de Delineaciones, el Archivo, Litografía y Servicio. En 1890 se sancionó la Carta Orgánica del Departamento de Ingenieros en la que se disponían sus funciones, atribuciones y organización, estableciéndose cinco oficinas: Tesorería, Archivo incorporó Biblioteca, se mantuvo Ferrocarriles, se creó Hidráulica unida a Arquitectura, suponemos que por la complejidad que estaba adquiriendo el problema hídrico en la provincia; se mantuvo también Puentes y Caminos, se unificaron Geodesia y Catastro, la Oficina de Dibujo recuperó su nombre, y continuó Servicio. En este esquema organizativo desaparecieron los vocales a cargo para ser reemplazados por inspectores generales en las diferentes secciones⁶⁷.

En 1905 las secciones habían cambiado significativamente: las únicas que se mantuvieron fueron Presidencia y Geodesia y Catastro, en cambio se unieron Arquitectura con Ferrocarriles, Hidráulica con Puentes y Caminos, con una Oficina anexa denominada Obras Sanitarias, se disolvió la Sala de Dibujo. En 1913 se suprimió el Departamento de Ingenieros, reemplazado por una Sección de Geodesia, convertida en Dirección General de Tierras y Geodesia más tarde y creándose una Dirección de Hidráulica, Puentes y

Caminos (1915), que luego fue reestructurada como Dirección de Hidráulica y Perforaciones, mientras que Puentes y Caminos se constituía también en Dirección⁶⁸.

Un siglo después, paradójicamente, es más difícil desarrollar la historia del organigrama completo del Ministerio de Obras Públicas. Seguimos a Isuani, quien ha detallado muy bien las tensiones provocadas por la ley 12.257/98 que sancionó el Código de Aguas y creó la Autoridad del Agua. Por decreto 2814/00 el poder ejecutivo dispuso que los Departamentos de Hidrología y de Fraccionamiento pasaran de la Dirección Provincial de Saneamiento y Obras Hídricas a la Autoridad del Agua. Luego, el decreto 266/02 aprobó la estructura organizativa de la Autoridad del Agua y, finalmente, el decreto 3511/07 reglamentó el Código de Aguas. Toda esta normativa, según el autor, no consiguió una gestión centralizada, sino que la Dirección Provincial de Saneamiento y Obras Hídricas del Ministerio de Obras Públicas logró mantener la mayor parte de su estructura y funciones⁶⁹.

Asimismo, damos cuenta de que en 2002 se promulgó la ley 12856 de ministerios, que transformaba el Ministerio de Obras Públicas en Ministerio de Infraestructura, Vivienda y Servicios Públicos. El decreto 1441/03 estableció la estructura organizativa, la cual se modificó parcialmente para la Dirección Provincial de Saneamiento y Obras Hidráulicas que dependía de la Subsecretaría de Obras Públicas mediante el decreto 3686/06 y pasó a componerse de Dirección de Mantenimiento y Conservación, Dirección Técnica, Dirección Ejecutiva y Dirección Unidad de Coordinación del Proyecto Reconquista. Posteriormente, se realizaron diversos cambios en el organigrama, cuyo análisis tendremos que incorporar a nuestro estudio con el fin de explicar cómo la gestión de los recursos hídricos de la cuenca del Río Salado, que se habían resuelto con el Plan Maestro de 1997, todavía no ha concluido.

TENSIONES Y ACERCAMIENTOS EN LAS INSTANCIAS DE CONTROL DE LOS PROPIETARIOS

En este apartado veremos cómo, en los dos períodos de nuestro estudio, los gobiernos provinciales apelaron al apoyo de los propietarios rurales, incluyéndolos en

⁶⁵. Decreto sobre nombramientos y atribuciones del Departamento de Ingenieros, que sustituye por ley del presupuesto al Departamento Topográfico, 19 de abril de 1875, en Dirección de Geodesia, 1947, 12.

⁶⁶. ROPBA, 1875, 126-127 y 236-238; 1879, 13-14.

⁶⁷. ROPBA, 1885, 280-282 y 899-904; 1891, 73-74. Esteban, 1962, 175 y ss.

⁶⁸. ROPBA, 1905, 199-200; 1913, 375. Esteban, 1962, 179 y ss. Pueden consultarse detalles de cantidad de cargos por área y profesionales que ocuparon los cargos directivos y vocales y las redes de sociabilidad en D'Agostino y Banzato, 2015a; 2015b.

⁶⁹. Isuani, 2010.

instancias de seguimiento de las obras, con diferentes grados de responsabilidad sobre la ejecución.

En 1893, se promulgó una ley que facultaba al ejecutivo a realizar una serie de canales en el sur de la provincia solventados por un impuesto “de desagüe”. Para administrar las obras creaba la Dirección y Administración de los Desagües de la Provincia que estaría compuesta por los propietarios de la zona afectada. Sus miembros duraban dos años en sus funciones y podían reelegirse renovándose por mitades anualmente. La Dirección proponía el plan de obras para ejecutar, se encargaba de la licitación, de los pagos a los contratistas y de gestionar las solicitudes de excepción de impuesto, mientras que el Departamento de Ingenieros realizaba los estudios técnicos, presupuesto y pliego de condiciones de las licitaciones, expidiendo también los certificados de obra e informando sobre los pedidos de excepción impositiva. Ambas agencias determinaban a qué categorías de impuesto correspondía cada propiedad. En definitiva, los aportes de los particulares a través del impuesto, así como las excepciones al mismo, serían administrados por sus representantes corporativos y no por las agencias del Estado. El gobernador nombraba al presidente y diez vocales, entre ellos la misma comisión designaba un vicepresidente y un tesorero⁷⁰. Aunque se había previsto esta participación de los terratenientes en la administración de las obras, esta ley y su decreto reglamentario fueron impugnados por inconstitucionales por un grupo de ellos, liderados por José Crotto y Sixto Rayneli, pero la Suprema Corte de Justicia dictó sentencia desestimando la demanda por improcedente⁷¹. La ley de 1910 sobre desagües parciales vino a profundizar la tendencia marcada por las anteriores, en el sentido de tomar en cuenta la iniciativa de los particulares para desagotar los campos. Todo el articulado ordenaba la relación entre la iniciativa privada y el control estatal a través de la Dirección de Administración de Desagües, teniendo en cuenta también que los propietarios podían asociarse para realizar una obra conjunta⁷².

Cien años después, y sin mención alguna de las leyes y prácticas pretéritas, por decreto 1485/03 se creó el Consejo Auditor Honorario del Plan Maestro Inte-

gral de la Cuenca del Río Salado, en la órbita del Ministerio de Infraestructura, Vivienda y Servicios Públicos y estaría integrado por las principales organizaciones representativas de los empresarios y los propietarios rurales: Unión Industrial Argentina, Sociedad Rural Argentina, Confederación de Asociaciones Rurales de Buenos Aires y la Pampa, Confederación Intercooperativa Agropecuaria Cooperativa y Federación Agraria Argentina. En los considerandos se entendía que “se hace necesario en el ámbito gubernamental contar con la participación de otros actores sociales a fin de evaluar, consensuar y ponderar la acción del Ministerio”, por lo tanto, se le asignaron funciones de verificación de los recursos afectados a las obras, que estuvieran eficientemente utilizados, realizar un seguimiento del desarrollo y evolución de las distintas etapas de los proyectos y obras, así como evaluar el impacto económico, social, ambiental y tecnológico de las obras⁷³. Por razones que tenemos que dilucidar aún, este Consejo dejó de funcionar en 2007 y se recreó en 2017, pero con el carácter de Comisión de Seguimiento, aunque se prevé la alternancia de las corporaciones en la presidencia⁷⁴. Una diferencia importante con las leyes de un siglo antes es que la Sociedad Rural Argentina era la única organización representativa y el gobernador elegía entre los propietarios afectados por la ley, en cambio ahora se suman otras corporaciones y son ellas las que envían a sus representantes. La otra diferencia es que la Dirección de inicios del siglo XX administraba fondos, que en parte provenían de impuestos especiales a los productores, mientras que en la actualidad el Consejo no tiene atribuciones administrativas y los fondos provienen de créditos en el exterior y el tesoro nacional⁷⁵.

Si a fines del siglo XIX el político y dirigente ruralista José Camilo Crotto se opuso a la implementación de un impuesto, en el siglo XXI es su nieto José Camilo Crotto Galli quien realiza fuertes objeciones al Plan Maestro. Esto habla de las continuidades de un sector social que se considera con capacidad de influir en el Estado, con la diferencia de que el abuelo lo hizo con mayor respaldo político, pues pareciera que la de su nieto se trata de una voz solitaria, que plantea un tratamiento todavía más amplio geográficamente, incluyendo la problemática del río Quinto en la confluencia de las provincias de

⁷⁰. ROPBA, 1893, 21-25 y 87-89.

⁷¹. Suprema Corte de Justicia de la Provincia de Buenos Aires. *Acuerdos y sentencias dictados por la Suprema Corte de Justicia de la Provincia de Buenos Aires*, La Plata, Imprenta y Litografía de Sesé y Larrañaga, 1899, tomo VII, cuarta serie, 380-420. Hemos desarrollado los argumentos de los propietarios y de la Corte en Banzato, 2013.

⁷². ROPBA, 1910, 816-825; Cámara de Senadores de la Provincia de Buenos Aires, Diario de Sesiones, 1910, 508-512.

⁷³. <http://www.gob.gba.gov.ar/legislacion/legislacion/03-1485.html>

⁷⁴. http://infonoroeste.com.ar/nota/20821/se_constituyo_el_comite_de_seguimiento_de_las_obras_del_rio_salado

⁷⁵. Debo esta aclaración al ing. Rastelli en comunicación personal por correo electrónico, 10 de febrero de 2020.

Tabla 1. Gastos en obras comparados con los presupuestos provinciales (1875-1913)

Período	Financiación (millones de pesos)	Año del presupuesto	Presupuesto (millones de pesos)
1875-1889	0,03	1890	9,6
1890-1913	23,64	1910	17,1

Fuente: Banzato, 2016b.

Buenos Aires, Córdoba y Santa Fe⁷⁶. En cambio, Alberto Larrañaga, el titular de la Comisión de Seguimiento, si bien realizó reclamos acerca de las obras apenas reunida la comisión, se manifestó en un todo de acuerdo con lo realizado durante la audiencia pública realizada en 2018, en la que compartió la mesa con las autoridades provinciales⁷⁷.

Financiación

El problema de la financiación de las obras también se manifiesta en tendencias de largo plazo, ya que la magnitud de los proyectos y las tareas a realizar fueron requiriendo erogaciones cada vez mayores. Durante los primeros años de la gestión del Departamento de Ingenieros (1875-1889) los gobernadores y las cámaras fueron dando respuesta con escasos fondos que se utilizaron para atender a las víctimas de las inundaciones y para algunas obras de menor cuantía, sumando un total de \$37.381, menos de la mitad de lo asignado a sueldos para el Departamento en cualquiera de esos años. En el período de las grandes obras, entre 1890 y 1913, se habían gastado \$814.402,80 en obras hidráulicas de diferente magnitud, \$225.108,80 en auxilio a los damnificados de las inundaciones (casi en su totalidad en las de 1913) y \$22.599.265,40 en los canales de desagüe, estos montos se originaron en recursos propios de la provincia, en el impuesto cobrado a los propietarios y en empréstitos solicitados en libras esterlinas durante los años 1908 y 1910⁷⁸ (véase Tabla 1).

Para el período democrático iniciado en 1983 vamos a destacar algunas de las más importantes financiaciones, con el fin de establecer una comparación con el período anterior, sabiendo que las inversiones

fueron muchas más que las que aquí detallamos y su estudio es parte de la continuidad de esta investigación. Durante el gobierno de Alejandro Armendáriz (1983-1987), se diseñó un Plan Maestro de Ordenamiento Hídrico, la rectificación de la desembocadura del río Salado y la programación de su futura canalización en 100 km., que se financiaron con aportes de la provincia y un crédito del Banco Interamericano de Desarrollo, que sumaron 125 millones dólares. El estudio que luego daría lugar al Plan Maestro del Río Salado, solicitado a la consultora Sir William Halcrow & Partners entre los años 1997 y 1999, costó 3,3 millones de dólares financiados con un crédito del Banco Mundial. En ese sentido, el esfuerzo de financiación se ha discontinuado en lo que va del siglo XXI, con la concurrencia de la Nación y los fondos propios de la provincia de Buenos Aires, tanto como los conseguidos en bancos internacionales. Desde 2001, por resolución presidencial 531, se creó la Unidad de Coordinación de Fideicomisos de Infraestructura (UCOFIN), que al año siguiente fue reubicada como dependencia del entonces Ministerio de Economía e Infraestructura, quedando definitivamente ratificada su competencia y funciones por decreto 1359/04: “planificación financiera, afectación y administración eficiente de los recursos de los fideicomisos de Infraestructura de Transporte e Infraestructura Hídrica, creados por los Decretos 976/2001, 1377/2001 y 1381/2001, respectivamente”. La provincia de Buenos Aires ha recibido un aporte para obras rurales y urbanas de \$2.068.694.978,54⁷⁹ (véase Tabla 2).

Innovaciones

En otro trabajo hemos revisado dieciséis propuestas (entre casi treinta que se realizaron en el período) para solucionar el problema de las inundaciones. Al-

⁷⁶. <https://genealogiafamiliar.net/getperson.php?personID=I390055&tree=BVCZ>. https://infocielo.com/nota/88928/advierten_que_el_plan_maestro_del_rio_salado_va_a_fracasar_porque_tiene_dos_graves_errores/

⁷⁷. <http://bichosdecampo.com/alberto-larranaga-necesitamos-muchos-mas-kilometros-de-dragado-en-el-rio-salado/>. <http://www.mosp.gba.gov.ar/informacion/70.18-Audiencia%20Publica.pdf>. <http://elregionaldigital.com.ar/25-de-mayo-se-realizo-la-audiencia-publica-por-avances-de-obras-del-rio-salado/>

⁷⁸. Banzato, 2016b.

⁷⁹. <http://chequeado.com/el-explicador/inundaciones-ique-se-hizo-y-que-queda-por-hacer/>. <http://www.ucofin.gob.ar/fondo-fiduciario-de-infraestructura-hidrica/> (de esta web sacamos los datos originales, pero ya no está vigente, reemplazamos por <https://juridico2741.files.wordpress.com/2015/10/beneficiarios-ucofin-obras-de-emergencia.pdf>). Agradezco al Dr. Martín Cuesta los datos comparativos con los presupuestos provinciales en este apartado.

Tabla 2. Gastos en obras comparados con los presupuestos provinciales (1983-2004)

Período	Financiación (millones de dólares)	Año del presupuesto	Presupuesto (millones de dólares)
1983-1987	125,0	1986	689
1997-1999	3,3	1998	1.827
2004	2.068	2007	2.083

Fuente: Banzato, 2016a, páginas web nota al pie 90 y presupuestos provinciales.

gunas eran más completas, otras simplemente eran una respuesta concreta a requerimiento de las agencias del Estado. Todas coincidían en la necesidad de desagotar los campos productivos de la provincia y para ello fueron proponiendo diferentes formatos de una red de canales, en la suposición de que el río Salado y sus afluentes no conseguirían hacerlo. La lectura que los ingenieros hidráulicos hacían del territorio difería en buena parte de los informes más completos, la forma que le daban a cada cuenca, los ríos y espejos de agua que la integraban difería, a la vez que se relacionaba también con el régimen de lluvias, cuyos datos tampoco coincidían. Es evidente que las dificultades en el reconocimiento del terreno, las diferencias metodológicas entre los profesionales y las tensiones entre el Departamento de Ingenieros y la Dirección de Desagües, retrasaron la toma de decisiones sobre cuál era el sistema más eficiente y económico para sacar el agua de los campos lo antes posible⁸⁰.

Entre los años treinta y fines de la década del sesenta la solución la trajo la propia dinámica del clima de la región, que se tornó más seco. En el actual Plan Maestro las medidas estructurales consisten en el control de las inundaciones y el drenaje, la protección de los cascos urbanos y la mejora de caminos rurales, alcantarillas y drenaje en rutas y caminos. Las acciones están concentradas en la readecuación y mejora del cauce del río Salado empezando desde aguas abajo, el acondicionamiento de cauces y canales troncales, la remoción y reemplazo de puentes y la regulación y control de lagunas y canales. La obra está diseñada sobre cálculos de recurrencia de diez años en eventos hídricos extremos, es decir, se aclara expresamente que las inundaciones no van a desaparecer, pero por lo menos no se promete más tratar de que el agua permanezca el menor tiempo posible en los campos y que no se inunden las ciudades. La mayor parte de la obra está concentrada en profundizar y ensanchar el lecho del río Salado, dentro de los márgenes legales, con lo cual se evitarán expropiaciones. Otros detalles

sumamente importantes son la inclusión del cuidado medioambiental como parte constitutiva del proyecto. También tendrá en cuenta los posibles efectos positivos sobre el turismo, la pesca y las actividades sociales recreativas. Asimismo, desde el punto de vista tecnológico, se ha creado un sistema de “recintos” para depositar el refulado proveniente del dragado del río. El sistema se realiza sobre campos que tienen una medida mínima y no pertenecen al sistema de humedales naturales. Consiste en levantar la capa de tierra productiva en terrenos bajos, rellenar y luego reponer la tierra que se extrajo para mantener la productividad del terreno⁸¹. Como dice el ing. Rastelli: “En él se aborda, entre 1996 y 1999, un enfoque ambiental, económico, social y de viabilidad de gestión del recurso y de la propia cuenca”⁸².

Conclusiones

En este trabajo exploratorio sobre la gestión pública de las inundaciones en la provincia de Buenos Aires en el largo plazo nos hemos concentrado en realizar una mirada comparada de los dos períodos más húmedos del último siglo y medio, con el fin de historiar cómo se fueron generando y modificando las agencias estatales, de qué manera la gestión del estado provincial consiguió el apoyo económico y político de los propietarios rurales y sus corporaciones representativas, cómo se financiaron las obras y cuáles fueron los cambios en las consideraciones de los profesionales a cargo de las obras con respecto a los objetivos y resultados. Hemos encontrado tendencias seculares que ni son reconocidas por los mismos gestores, ni tampoco han formado parte de los estudios académicos, más concentrados en el corto plazo.

⁸¹. Notas de campo durante la Audiencia Pública realizada en la localidad de Ernestina el 28 de enero de 2018, a la que fui especialmente invitado por el ing. Marcelo Rastelli, Director Técnico del proyecto, a quien agradezco la deferencia. Puede consultarse también <http://www.mosp.gba.gov.ar/sitios/hidraulica/informacion/planmaestro.php>

⁸². Comunicación personal vía correo electrónico, 10 de febrero de 2020.

⁸⁰. Banzato, 2018.

En cuanto a la percepción del cambio climático, por parte de los gestionadores, encontramos que en ambos períodos puede distinguirse una primera etapa en la que se dan respuestas locales al exceso de agua y luego una segunda etapa en la que se proyectan planes que tienen en cuenta el manejo de la cuenca. En cuanto a los resultados, los canales de desagüe construidos a inicios del siglo XX no evitaron las inundaciones, paradigma de la época. En el entresiglo XX-XXI la estrategia de combinar una profundización del cauce del río Salado, complementando con canales y otras obras menores todavía está en curso, tras veinte años de iniciado el proyecto.

También coinciden, en el largo plazo, el constante cambio en la estructura de funcionamiento de las agencias encargadas de los estudios y de la supervisión de las obras, mutaciones que nuevos estudios mostrarán si tuvieron incidencia en los resultados alcanzados. Asimismo, logramos detallar que el poder político consiguió incorporar a los grandes propietarios rurales a la gestión de la cosa pública, otorgándoles en el primer periodo el manejo de una agencia que tenía a su cargo funciones esenciales para llevar adelante los planes proyectados. En los años recientes los propietarios funcionan más bien como asesores y supervisores, y su funcionamiento no tuvo la continuidad del siglo anterior.

La acción desesperada de los propietarios, fuera de las normativas, cavando canales clandestinos para sacar el agua de sus campos y el escaso control para evitarlo por parte del Estado provincial también tiene continuidad en ambos períodos. En cuanto a la financiación de las obras, ha requerido siempre del endeudamiento público externo.

Finalmente, las innovaciones se encuentran en la evolución tecnológica y en la apreciación más acabada del territorio provincial por parte de los ingenieros hidráulicos, como nos decía el ing. Rastelli: "las imágenes satelitales nos permitieron cambiar nuestra percepción del territorio y mejorar nuestros proyectos". Asimismo, el enfoque multidisciplinar del Plan Maestro contrasta con el esfuerzo concentrado tan solo en desagotar a toda costa de los planes del entresiglo anterior.

BIBLIOGRAFÍA

- Aceituno, P., Prieto, M. del R., Solari, M. E., Martínez, A., Poveda, G. & Falvey, M. 2009: "The 1877-1878 El Niño episode: Associated impacts in South America", *Climatic Change*, 92 (3-4), 389-416. <https://doi.org/10.1007/s10584-008-9470-5>
- Ballent, A. 2019: "Ingenieros, empresarios y Estado: La formación de la Cámara Argentina de la Construcción, 1936-1943", *H-industri@*, 25, 43-60. <https://ojs.econ.uba.ar/index.php/H-ind/article/view/1622/2305>.
- Banzato, G. 2013: "Discursos y proyectos para afrontar las inundaciones en la Provincia de Buenos Aires, 1890-1910". XIV *Jornadas Interescuelas-Departamentos de Historia*. http://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/trab_eventos/ev.2720/ev.2720.pdf.
- Banzato, G. 2016a: "Esbozo para un estudio histórico de las tendencias seculares en las políticas de gestión del agua en Argentina", en Rodríguez Vázquez, F. y Teruel, A. (Eds.): *Enfoques para la historia: Lo provincial y lo regional en los siglos XIX y XX*. Rosario (Argentina), CEHISO, 161-179. <http://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/libros/pm.882/pm.882.pdf>.
- Banzato, G. 2016b: "Presupuestos y gastos del Estado en la provincia de Buenos Aires para afrontar las inundaciones de los campos, 1870-1930", *Revista Uruguaya de Historia Económica*, VI (9), 31-48. http://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/art_revistas/pr.7436/pr.7436.pdf
- Banzato, G. 2018: "Proyectos, obras y resultados para los territorios inundables de la provincia de Buenos Aires (Argentina, 1880-1935)". XII *Encuentro Internacional de la Asociación de Historiadores Latinoamericanos y del Caribe (ADHILAC)/XXIII Coloquio de Historia Canario-Americana*, Las Palmas de Gran Canaria (España).
- Bohoslavsky, E. y Godoy Orellana, M. (Eds.) 2010: *Construcción estatal, orden oligárquico y respuestas sociales. Argentina y Chile, 1840-1930*. Los Polvorines (Argentina), Universidad Nacional de General Sarmiento / Universidad Academia de Humanismo Cristiano / Prometeo.
- Bohoslavsky, E. y Soprano, G. 2010: "Una evaluación y propuestas para el estudio del Estado en Argentina", en Bohoslavsky, E. y Soprano, G. (Eds.): *Un Estado con rostro humano. Funcionarios e instituciones estatales en Argentina (de 1880 a la actualidad)*. Los Polvorines (Argentina), Universidad Nacional de General Sarmiento / Prometeo, 9-55.
- Cáceres, V. L. 2014: "El gasto público ambiental de la provincia de Buenos Aires, Argentina (1997-2012)", *ABRA*, 34 (49), 1-24. <https://doi.org/10.15359/abra.34-49.4>
- Camou, A. A. M. y Mateo, S. 2007: "¿El tiempo vence a la organización? Dinámica política, estructuras estatales y políticas sociales en la Provincia de Buenos Aires (1984-2004)", *Cuestiones de sociología*, 4, 129-142. <https://www.cuestionessociologia.fahce.unlp.edu.ar/article/view/CSn04a06>.

- Caputo, M. G. y Herzer, H.** 1987: "Reflexiones sobre el manejo de las inundaciones y su incorporación a las políticas de desarrollo regional", *Desarrollo Económico*, 27 (106), 245-260. <https://doi.org/10.2307/3466981>
- Carballo, C.** 2014: "El mapa del agua: entre inundaciones y sequías", *Estudios Rurales*, 4 (7), 127-133. <http://ppct.caicyt.gov.ar/index.php/estudios-rurales/article/view/7817>.
- D'Agostino, V. A.** 2015: "Estado, instituciones y funcionarios bonaerenses: La reorganización de la repartición topográfica en la segunda mitad del siglo XIX", en Blanco, M. y Barandiarán, L. (Comps.): *Las configuraciones de la trama social. Políticas públicas, instituciones y actores en la Argentina contemporánea*. Tandil, Centro Interdisciplinario de Estudios Políticos, Sociales y Jurídicos, 14-42.
- D'Agostino, V. A. y Banzato, G.** 2015a: "Funcionarios y políticas sobre el territorio en la Provincia de Buenos Aires: El Departamento de Ingenieros, 1875-1913". *Decimoquinto Congreso de Historia de los Pueblos de la Provincia de Buenos Aires*. http://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/trab_eventos/ev.4113/ev.4113.pdf.
- D'Agostino, V. A. y Banzato, G.** 2015b: "Funcionarios bonaerenses y gestión sobre el territorio: El Departamento de Ingenieros de la Provincia de Buenos Aires 1875-1913". *IX Jornadas Interdisciplinarias de Estudios Agrarios Agroindustriales Argentinos y Latinoamericanos*. http://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/trab_eventos/ev.4860/ev.4860.pdf.
- Deschamps, J., Otero, O. y Tonni, E.** 2003: *Cambio climático en la pampa bonaerense: las precipitaciones desde los siglos XVIII al XX*. Buenos Aires (Argentina), Universidad de Belgrano. http://www.ub.edu.ar/investigaciones/dt_nuevos/109_deschamps.pdf
- Dirección de Desagües de la Provincia de Buenos Aires.** 1929: *Dictamen de la Comisión Asesora designada para estudiar los distintos estudios de desagües existentes compuesta por los Ings. Eduardo Huergo, Julio R. Castiñeiras y Guillermo C. Céspedes e informe del Ing. Agustín Mercau, director de la Oficina Técnica sobre el mismo*. Buenos Aires (Argentina). <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/69237>
- Di Liscia, M. S. y Soprano, G. (Eds.)** 2017: *Burocracias estatales. Problemas, enfoques y estudios de caso en la Argentina (entre fines del siglo XIX y XX)*. Rosario (Argentina), Prohistoria.
- Di Santi, M.** 2012: "Inundaciones: ¿qué se hizo y qué queda por hacer?". *Chequeado*. <https://chequeado.com/el-explicador/inundaciones-ique-se-hizo-y-que-queda-por-hacer/>
- Dirección de Geodesia.** 1947: *Manual de Disposiciones usuales para la Dirección de Geodesia. Tomo I: Antecedentes de la repartición y archivo*. S/I, Talleres de Impresiones Oficiales.
- Dirección Provincial de Obra Hidráulica.** 2016: *Evaluación de impacto ambiental y social. Ampliación capacidad río Salado superior-Tramo IV, Etapa 1B*. Buenos Aires (Argentina). <http://documents1.worldbank.org/curated/en/929181481147820767/pdf/SFG2736-EA-Box396331B-PUBLIC-ACS.pdf>
- Dirección Provincial de Obra Hidráulica.** 2017: *Evaluación de impacto ambiental y social. Ampliación de capacidad del río Salado superior-Tramo IV, Etapa 1B*. La Plata, Ministerio de Infraestructura de la Provincia de Buenos Aires, http://www.mosp.gba.gov.ar/sitios/hidraulica/informacion/EIAS_RioSalado_TramoIV-1B.pdf
- Durán, D.** 1981: *La pampa deprimida. Balance geográfico*. Buenos Aires (Argentina), Oikos Editora.
- Erbetta, M. C.** 2011: "La reconversión del estado durante la primera gobernación de Duhalde en la provincia de Buenos Aires", *Trabajo y sociedad*, 16, 287-298. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1514-68712011000100018&lng=es&nrm=iso&tlng=en.
- Escobar, N. R.** 2007: "Cuando todo estaba por hacerse: El Departamento de Ingenieros Civiles 1862-1890". *XI Jornadas Interescuelas/ Departamentos de Historia*. Universidad de Tucumán, San Miguel de Tucumán. <http://cdsa.aacademica.org/000-108/29.pdf>
- Esteban, F.** 1962: *El Departamento Topográfico de la Provincia de Buenos Aires (actual Dirección de Geodesia). Su creación y desarrollo. Antecedentes y documentos demostrativos de la importancia de sus funciones*. Edición del autor.
- Falasca, S., Zabala, S. M., Bernabé, M. A., Ulberich, A. y López, R.** 1995: "Estudios de las causas naturales determinantes de las inundaciones en el Centro Oeste de la Provincia de Buenos Aires, República Argentina", *Revista Geográfica*, 122, 83-103. <https://www.jstor.org/stable/40993146>
- Fernández, N.** 2014: "Estado, administración y procesos políticos: El Ministerio de Obras Públicas de la Provincia de Buenos Aires entre 1917 y 1943". *VIII Jornadas de Sociología de la UNLP*. <http://jornadassociologia.fahce.unlp.edu.ar/viii-jornadas/viii-jornadas-2014/PONmesa18FernandezN.pdf/view?searchterm=None>
- Fernández, N.** 2019: "Agencias estatales, política y burocracia técnica: El Ministerio de Obras Públicas de la Provincia de Buenos Aires, 1917-1943", *Estudios Sociales del Estado*, 5 (10), 168-208. <https://doi.org/10.35305/ese.v5i10.193>.
- Frederic, S., Graciano, O. y Soprano, G. (Coords.)** 2010: *El Estado argentino y las profesiones liberales, académicas y armadas*. Rosario (Argentina), Prohistoria.
- Gabellone, N., Sarandón, R. y Claps, C.** 2003: "Caracterización y zonificación ecológica de la Cuenca del Río Salado", en Maiola, O., Gabellone, N. y Hernández, M.: *Inundaciones en la región pampeana*. La Plata, EDULP, 87-122.
- Graciano, O. F.** 2003: "Estado, universidad y economía agroexportadora en Argentina: El desarrollo de las facultades de Agronomía y Veterinaria de Buenos Aires y La Plata, 1904-1930", *Theomai*, 8. <http://revista-theomai.unq.edu.ar/numero8/artgraciano8.htm>

- Graciano, O. F.** 2004: "Los caminos de la ciencia. El desarrollo inicial de las Ciencias Agronómicas y Veterinarias en Argentina, 1860-1910", *Signos Históricos*, 6 (12), 9-36. <https://signoshistoricos.izt.uam.mx/index.php/historicos/article/view/139>
- Gruschetsky, V.** 2012: "Saberes sin frontera. La vialidad norteamericana como modelo de la Dirección Nacional de Vialidad, 1920-1940", en Plotkin, M. B. y Zimmermann, E. (Compds.): *Saberes de Estado*. Buenos Aires (Argentina), Edhasa, 185-211.
- Gurevich, R.** 1995: "Inundaciones en el sistema de las Lagunas Encadenadas", *Desastres y Sociedad*, 3 (5), 29-43. <http://www.desenredando.org/public/revistas/dys/rdys05/dys5-1.0-isle.pdf>
- Gutiérrez, R. A.** 2012: "Federalismo y políticas ambientales en la Región Metropolitana de Buenos Aires, Argentina", *EURE (Santiago)*, 381 (114), 147-171. <https://doi.org/10.4067/S0250-71612012000200006>
- Isuani, F. J.** 2010: *Los caminos de la debilidad estatal: Capacidades estatales y políticas públicas: una mirada desde el proceso de configuración de instrumentos de políticas públicas, el caso de la política del agua en la Provincia de Buenos Aires, 1992-2008*, tesis doctoral, FLACSO, Quito (Ecuador). <http://repositorio.flacsoandes.edu.ec/handle/10469/2989>
- Laprida, C. y Valero-Garcés, B.** 2009: "Cambios ambientales de épocas históricas en la pampa bonaerense en base a ostrácodos: Historia hidrológica de la laguna de Chascomús", *Ameghiniana*, 46 (1), 95-111. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-70142009000100007
- Lázzaro, S.** 2019: "Estado, políticas públicas y corporaciones agrarias, 1930-1976", en Banzato, G., Blanco, G. y Perrén, J. (Eds.): *Expansión de la frontera productiva. Siglos XIX-XXI*. Buenos Aires (Argentina), Prometeo-Asociación Argentina de Historia Económica, 147-175.
- Miraglia, M.** 2010: "Historia ambiental de la Cuenca de las Encadenadas del oeste de la provincia de Buenos Aires y del partido de Adolfo Alsina, 1810-1995", *Espacios de Crítica y Producción*, 44, 28-35. http://www.rubenprofe.com.ar/11misc/Historia_ambiental.pdf
- Miraglia, M.** 2013: *La historia ambiental y los procesos de construcción territorial de dos cuencas hidrográficas de la provincia de Buenos Aires (1776 y 2006)*, tesis doctoral, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires (Argentina). https://www.researchgate.net/publication/331824172-La_Historia_Ambiental_y_los_procesos_de_construccion_territorial_de_dos_cuencas_hidrograficas_de_la_provincia_de_Buenos_Aires_1776_y_2006
- Moncaut, C. A.** 2003: "Inundaciones y sequías con raíces añejas en la pampa bonaerense (1576-2001)", en Maiola, O., Gabello, N. y Hernández, M. (Eds.): *Inundaciones en la región pampeana*. La Plata, EDULP, 28-47.
- Natenzon, C., Pereira, S., Calvo, A., Sabassi, F. y Miraglia, M.** 1997: "Inundaciones, producción agropecuaria y agentes sociales de la cuenca del río Salado, Provincia de Buenos Aires", *Quaderno Programma Emergenze di Massa*, 97 (4), 21.
- Palermo, S.** 2006a: "Del Parlamento al Ministerio de Obras Públicas: La construcción de los Ferrocarriles del Estado en Argentina, 1862-1916", *Desarrollo Económico*, 46 (182), 215-243. <https://doi.org/10.2307/4151112>
- Palermo, S.** 2006b: "Elite técnica y estado liberal: La creación de una administración moderna en los Ferrocarriles del Estado (1870-1910)", *Estudios Sociales*, 30 (1), 9-42. <https://doi.org/10.14409/es.v30i1.2569>
- Palermo, S.** 2007: "Actores e instituciones en la construcción de los Ferrocarriles del Estado (1862-1916)". V *Coloquio de Historia de Empresas: Investigaciones en curso en la historiografía argentina*. Buenos Aires. 1-38. <http://www.udesa.edu.ar/files/Institucional/ctroestudioshistoriayddempresas/silvanapalermo.pdf>
- Pereyra, E.** 2010: "La política del agua en la Provincia de Buenos Aires. Notas para su reconstrucción histórica", en Isuani, F. (Ed.): *Política pública y gestión del agua. Aportes para un debate necesario*. Buenos Aires (Argentina), Universidad Nacional de General Sarmiento-Prometeo, 21-95.
- Piana, R. S.** 2008: "Análisis de las distintas estrategias de reforma de la gestión pública en la provincia de Buenos Aires (2002-2007)". V *Jornadas de Sociología de la UNLP*. http://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/trab_eventos/ev.6321/ev.6321.pdf
- Plotkin, M. B. y Zimmermann, E.** 2012: *Los saberes del Estado*. Buenos Aires (Argentina), Edhasa.
- Politis, G.** 1984: "Climatic variations during historical times in Eastern Buenos Aires Pampas, Argentina", en *Quaternary of South America and Antarctic Peninsula*, 3, 133-161. <https://doi.org/10.1201/9781003079200-9>
- Rodríguez, L. G. y Soprano, G. (Eds.)** 2018: *Profesionales e intelectuales de Estado. Análisis de perfiles y trayectorias en la salud pública, la educación y las fuerzas armadas*. Rosario (Argentina), Prohistoria.
- Scarpatti, O. E. y Capriolo, A. D.** 2013: "Sequías e inundaciones en la provincia de Buenos Aires (Argentina) y su distribución espacio-temporal", *Investigaciones geográficas*, 82, 38-51. <https://doi.org/10.14350/riq.31903>
- Wagner, L. S.** 2010: *Problemas ambientales y conflicto social en Argentina. Movimientos socioambientales en Mendoza. La defensa del agua y el rechazo a la megaminería en los inicios del siglo XXI*, tesis doctoral, Universidad Nacional de Quilmes, Bernal (Argentina). <https://ridaa.unq.edu.ar/handle/20.500.11807/192>
- Zarrilli, A. G.** 1997: *Ecología, capitalismo y desarrollo agrario en la región pampeana (1890-1950): Un enfoque histórico-ecológico de la cuestión agraria*, tesis doctoral, Universidad Nacional de La Plata, La Plata (Argentina).

La Peloterapia: historia, características y propiedades

Pelotherapy: history, characteristics and properties

Jesús Rosino-Rosino

Universidad de Vigo

Vigo, España

jrosino16@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0001-9577-7776>

José Luis Legido-Soto

Universidad de Vigo

Vigo, España

xllegido@uvigo.es

 <https://orcid.org/0000-0002-0291-3394>

María Lourdes Mourelle-Mosqueira

Universidad de Vigo

Vigo, España

lmourelle@uvigo.es

 <https://orcid.org/0000-0002-7555-8987>

Carmen Paula Gómez-Pérez

Universidad de Vigo

Vigo, España

carmengomez@uvigo.es

 <https://orcid.org/0000-0003-0233-7937>

Jesús Raúl Navarro-García

Escuela de Estudios Hispano-Americanos (CSIC)

Sevilla, España

jraul.navarro@csic.es

 <https://orcid.org/0000-0003-3772-9826>

Información del artículo:

Recibido: 22 agosto 2019

Revisado: 19 abril 2020

Aceptado: 19 mayo 2020

ISSN 2340-8472

ISSNe 2340-7743

DOI 10.17561/AT.17.4932

© CC-BY-SA

© Universidad de Jaén (España).

Seminario Permanente Agua, Territorio y Medio Ambiente (CSIC)

RESUMEN

La cura termal incorpora desde antiguo el uso de peloides para tratamientos específicos que se integran en la cura complementando el uso de las aguas mineromedicinales. En los últimos años se han multiplicado los estudios científicos que apuntan magníficos resultados en los tratamientos de enfermedades reumáticas, dolores, infecciones de heridas, alteraciones dermatológicas y dermocosméticas, entre otras. Entre los objetivos que pretende el artículo está el definir qué entendemos por peloides, señalar los antecedentes históricos de su uso y abordar la diversa composición de los mismos, tanto en su fase sólida como líquida, así como sus características variables en función de dichos componentes.

PALABRAS CLAVE: Peloides, Agua mineromedicinal, Arcillas, Salud, Balnearios.

ABSTRACT

Since ancient times thermal cures have incorporated the use of peloids for specific treatments that complement the use of mineral-medicinal waters. In recent years, a growing body of scientific studies in this area shows great results in the treatment of rheumatic diseases, pain, infected wounds, dermatological and dermocosmetic alterations, among others. One of the aims of this essay is to define what is understood by peloid, to indicate the historical background of its use and to address its diverse composition, both in its solid and liquid phases, as well as its variable characteristics stemming from these components.

KEYWORDS: Peloids, Mineral water, Clay, Health, Thermal spas.

Peloterapia: história, características e propriedades

SUMÁRIO

A cura térmica incorpora desde os tempos antigos o uso de peloides para tratamentos específicos que são integrados na cura complementando o uso das águas minerais-medicinais. Nos últimos anos, os estudos científicos multiplicaram esse ponto de vista, com resultados magníficos no tratamento de doenças reumáticas, dores, infecções de feridas, alterações dermatológicas e dermocosméticas, entre outras. Entre os objetivos do artigo está o de definir o que entendemos por peloid, apontar os antecedentes históricos de seu uso e abordar a composição diversificada destes, tanto em sua fase sólida como líquida, bem como suas características variáveis de acordo com estes componentes.

PALAVRAS-CHAVE: Peloids, Água Mineral-medicinal, Argilas, Saúde, Spas.

Peloterapia: storia, caratteristiche e proprietà

SOMMARIO

La cura termale incorpora fin dall'antichità l'uso di peloidi per trattamenti specifici che sono integrati nella cura a complemento dell'uso delle acque mineral-medicinali. Negli ultimi anni gli studi scientifici hanno moltiplicato questo punto di vista con magnifici risultati nel trattamento di malattie reumatiche, dolori, infezioni delle ferite, alterazioni dermatologiche e dermocosmetiche, tra le altre cose. Tra gli obiettivi dell'articolo c'è quello di definire ciò che si intende per peloidi, di evidenziare il background storico del suo utilizzo e di affrontare la diversa composizione di questi, sia nella sua fase solida che in quella liquida, nonché le sue caratteristiche variabili a seconda di queste componenti.

PAROLE CHIAVE: Peloidi, Acqua minerale-medicinale, Argille, Salute, Centri termali.

Pélothérapie : histoire, caractéristiques et propriétés

RÉSUMÉ

La cure thermale intègre depuis l'Antiquité l'utilisation de péloïdes pour des traitements spécifiques qui sont intégrés dans la cure en complément de l'utilisation des eaux minérales médicinales. Au cours des dernières années, les études scientifiques ont multiplié les résultats magnifiques dans le traitement des maladies rhumatismales, des douleurs, des infections de blessures, des altérations dermatologiques et dermocosmétiques, entre autres. L'article a notamment pour objectif de définir ce que l'on entend par peloidi, de rappeler le contexte historique de son utilisation et d'aborder la composition diverse de celui-ci, tant dans sa phase solide que liquide, ainsi que ses caractéristiques variables selon ces composants.

MOTS-CLÉS: Péloïdes, Eau minérale médicinale, Argiles, Santé, Spas.

Introducción

En los manantiales termales se generan de forma natural productos de alto valor terapéutico, los peloides, vulgarmente conocidos como fangos, barros o lodos. Se trata de mezclas íntimas de arcillas con agua mineromedicinal, sales precipitadas y materia orgánica, que adquieren unas propiedades físicas y terapéuticas que los han hecho ser valorados desde tiempos inmemoriales¹. Civilizaciones antiguas como las de Mesopotamia, Egipto, Grecia y Roma emplearon estos productos curativos, recibiendo el nombre de su lugar de origen: tierra egipcia, de Nubia, tierra lemnia, etc.²

Actualmente, el tratamiento con peloides es utilizado en numerosos balnearios europeos³ y americanos, donde se preparan artificialmente de forma controlada con las aguas termales. La peloterapia es habitual en países como Serbia⁴, República Checa -con depósitos de peloides naturales protegidos por el estado- o Alemania⁵, en donde tienen mucha tradición. Son famosos los peloides de algunos balnearios franceses (Dax, Luchon, Barèges, Vichy, Aix-les-Bains, Eugénie-les-Bains, Préchacq...) e italianos (Abano, Acqui, Montecatini, Chianciano, etc.)⁶; en Argentina destacan los de las termas de Copahue⁸, así como las aplicaciones en Cuba⁹. En España son muy conocidos por la aplicación de peloides los balnearios de Archena (Murcia)¹⁰, Arnedillo (La Rioja), Caldas de Bohí (Lleida) y El Raposo (Badajoz), mientras que en los portugueses no se usan, excepto en las Azores¹¹.

El agua mineromedicinal es parte fundamental de estos productos por constituir el 60-90 % de su peso e incidir en sus propiedades termofísicas, y por aportar sus principios activos responsables de sus efectos terapéuticos y dermo-cosméticos. En este sentido, la peloterapia se incluye en la balneoterapia al ser un método no agresivo de cura y agente coadyuvante en sistemas terapéuticos complementarios¹².

Hay una gran variedad de peloides por la diversidad de aguas mineromedicinales y arcillas utilizadas, y por las técnicas y tiempos de maduración empleados¹³.

Las propiedades físicas de los peloides son muy importantes pues condicionan tanto su poder termoterápico, gracias al cual su aplicación es tolerable a altas temperaturas (40-50°C) produciendo sobre la zona de aplicación un efecto térmico intenso y prolongado, como su extensibilidad, facilidad de manejo y aplicación.

En los últimos años numerosas investigaciones han permitido estudiar sus características, propiedades, mecanismos de acción e investigación clínica, demostrando su eficacia¹⁴; para el tratamiento de enfermedades reumáticas (gonartrosis, artrosis, osteoartritis)¹⁵, rehabilitación postraumática, dolor crónico de espalda, fibromialgia, espondilitis anquilosante, afecciones del sistema nervioso, infecciones de heridas quirúrgicas¹⁶, así como en ciertas lipodistrofias, como la celulitis, disminuyendo la medicación analgésica, el absentismo laboral y escolar, así como las visitas médicas¹⁷. Se usan también en alteraciones dermatológicas y dermatocósméticas (hidratación, acné, hiperseborrea, etc.)¹⁸.

También se aplican turbas por su acción química para tratamientos de fertilidad¹⁹, tratamiento de heridas quirúrgicas infectadas²⁰, trastornos gastrointestinales y afecciones respiratorias.

Definición y características

La palabra peloide no aparece en el diccionario de la Real Academia Española; etimológicamente el término proviene del griego *pelòs*, que significa fango o lodo, y del sufijo latino “(o)ides” que significa “con forma o aspecto de...”, por lo que etimológicamente designa un material con aspecto de fango o lodo²¹.

El término fue aceptado por el Comité Internacional de Medidas en 1933, a propuesta de Jude Lewis, presidente de la International Standard Measurements Committee (ISMC) para designar genéricamente los sedimentos naturales de uso terapéutico, englobando así la gran variedad de productos y nombres existentes:

“Un peloide es un producto natural, constituido por una mezcla uniforme de materia sólida y materia orgánica finamente dividida y agua, que se aplica en la práctica médica como cataplasma para tratamiento externo”.

1. Pozo, 2013.

2. Fernández, 2010, 25.

3. Gómez, 2012, 57-73.

4. Sremcevic & Jokic, 2012.

5. Gómez, 2012, 68-73.

6. Gómez, 2012, 62-65.

7. Gómez, 2012, 66-67.

8. Armijo et al., 2006.

9. Oliva y Díaz, 2014.

10. Canelas et al., 2010.

11. Armijo et al., 2005. Corvillo et al., 2006. Gómez, 2012, 61.

12. Fernández, 2010, 24.

13. Fernández et al., 2011.

14. Fernández, 2014, 17-18 y 30. Fernández, 2010, 24-25 y 39-40.

15. Perea, 2010. Vela, 2017. Espejo et al., 2013.

16. Rodríguez et al., 2004.

17. Fernández, 2010. Gómez, 2012, 15.

18. Fernández, 2017. Meijide et al., 2010.

19. Beer, Fetaj & Lange, 2013.

20. Rodríguez et al., 2004.

21. Fernández, 2014, 23-25.

Posteriormente, fue adoptado en 1938 por la International Society of Medical Hydrology (ISMH) en su Congreso de Wiesbaden, distinguiendo peloides naturales y artificiales en función de que los procesos para su preparación produjeran o no alteraciones físico-químicas significativas²²:

“Los peloides son sustancias que se forman en la naturaleza a través de procesos geológicos y que, al estar finamente granulados, mezclados con agua, poseen aplicaciones en la práctica médica en forma de baños o emplastos”.

Su significado actual fue definido por la ISMH en su IV Conferencia (1949) celebrada en Dax (Francia):

“Se denominan peloides todos aquellos productos naturales formados por la mezcla de un agua mineral, comprendidas el agua de mar y la de lagos salados, con materias orgánicas o inorgánicas, resultantes de procesos geológicos y/o biológicos o ambos, que son empleados para uso terapéutico en forma de envolturas o baños”.

En el 3rd International Symposium on Thermal Muds in Europe, Dax, 2004, se propuso la utilización del calificativo “extemporáneo” para designar aquellos peloides preparados a partir de sedimentos mezclados con agua mineromedicinal en el momento de su uso terapéutico²³. Los peloides madurados son aquellos que necesitan un tiempo desde su mezcla para ser utilizados²⁴. Hoy en día se pueden preparar peloides extemporáneos personalizados, adaptados a cada usuario, incrementando así su eficacia terapéutica²⁵.

En la práctica es necesario considerar que existen numerosos “peloides” o productos de similar naturaleza, utilizados sin fines estrictamente terapéuticos en cosmética y dermocosmética por sus efectos beneficiosos para la piel; recientemente un grupo de expertos, fundamentalmente portugueses y españoles, propusieron una nueva definición de peloide incluyendo los usos cosméticos²⁶:

“El peloide es un fango madurado o dispersión fangosa que presenta propiedades terapéuticas o cosméticas, compuesta por una mezcla compleja de materiales naturales de grano fino de origen geológico y/o biológico, agua mineromedicinal o agua de mar y comúnmente compuestos orgánicos procedentes de la actividad metabólica biológica”.

La propuesta conserva los requerimientos del tipo de agua utilizada: agua mineromedicinal, de mar o de laguna o lago salado, pero además contemplan la posibilidad de adicionar sustancias naturales que proporcionen al peloide propiedades antioxidantes²⁷, antiinflamatorias o anticelulíticas, distinguiendo procesos de maduración artificial o inducida²⁸ y natural.

Estos expertos proponen una triple clasificación: por su origen, por su aplicación y por su composición (Figura 1).

En general, todos los peloides tienen unas características y propiedades comunes como homogeneidad, untuosidad y plasticidad, que condicionan su manejo y aplicación, y principalmente: alta capacidad calorífica y baja conductividad térmica, que condicionan su acción termoterápica²⁹, principal causa de su interés³⁰.

Los peloides se suelen utilizar en los centros balnearios donde se producen, pero cada vez más son preparados y envasados para ser comercializados en otros centros de hidroterapia y fisioterapia, siendo desechados tras su aplicación. Deben mantener una calidad sanitaria adecuada para su uso tópico ya que van a mantener un íntimo contacto con la piel.

Los de uso dermocosmético y los productos derivados de los peloides (que incorporan en su formulación un porcentaje variable de peloide y que se destinan a la higiene y belleza o incluso también para tratamientos terapéuticos, como los parafangos) tienen mayor difusión, puesto que se utilizan además en salones de belleza, vendiéndose al por menor en dichos centros, distribuyéndose y comercializándose al público en farmacias, parafarmacias, herbolarios, centros comerciales, etc.

Antecedentes históricos

Este tema ha sido tratado por muchos autores, entre los que merece destacar el Dr. Maraver, con su artículo “Antecedentes históricos de la peloterapia”³¹. El uso terapéutico de los barros se remonta a tiempos inmemoriales, siendo comúnmente utilizados para desparasitación, protección y alivio de calor, picaduras, irritaciones, cicatrización de heridas, etc., tanto por el ser humano como por muchos animales.

22. Porlezza, 1965.

23. Mourelle, 2006. Mourelle et al., 2010.

24. Gómez, 2012, 78-79. Fernández, 2010, 41-43.

25. Fernández, 2014, 18.

26. Gomes et al., 2013.

27. Hernández, 1997. Hernández et al., 1998.

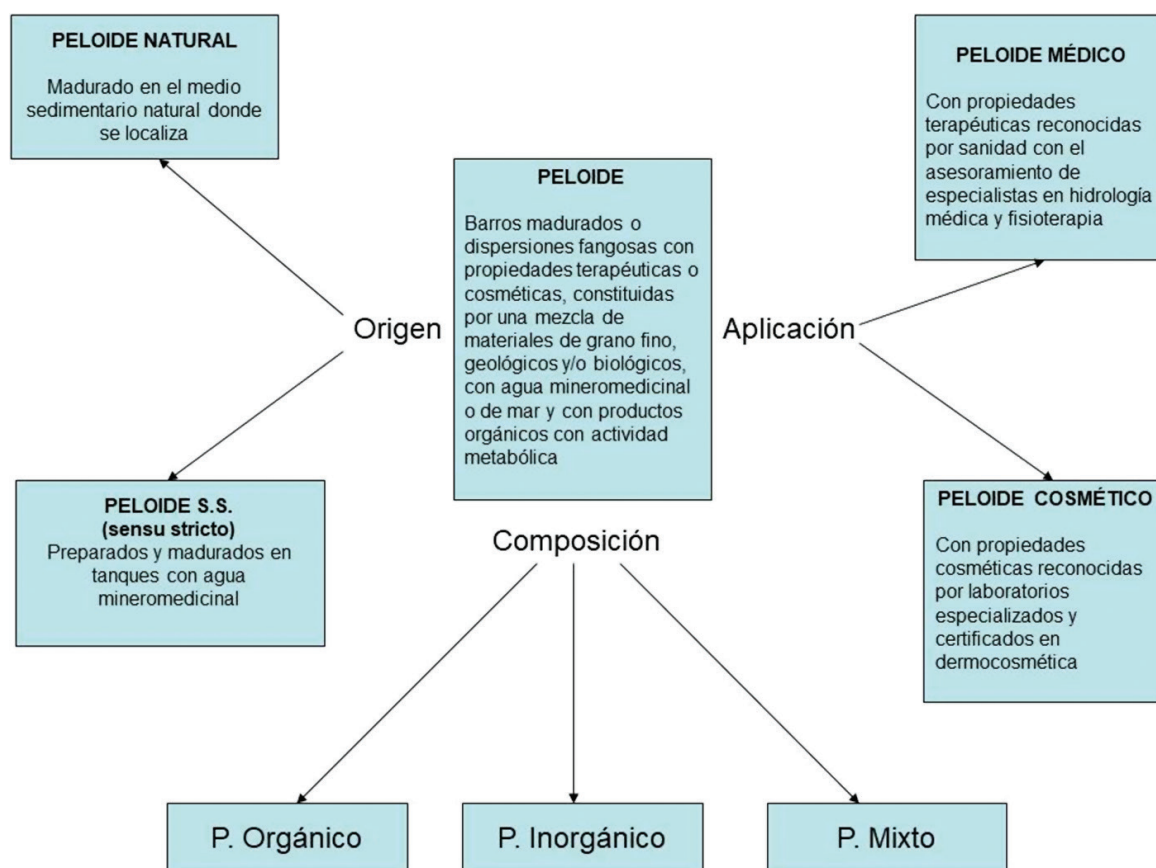
28. Delgado et al., 2011.

29. Igual et al., 2001.

30. Trinchet, 2005.

31. Maraver, 2006.

Figura 1. Definición y clasificación de los peloides atendiendo a su origen, composición y aplicación



Fuente: Gomes et al., 2013.

En el antiguo Egipto ya se aplicaban los barros del Nilo con fines curativos, aplicándolos sobre el cuerpo hasta secarse completamente. Fueron usados también como antisépticos, para curar heridas y como antiinflamatorios.

En la época romana era habitual el uso de barros para calmar dolores reumáticos, tratar inflamaciones, afecciones estomacales e intestinales; también eran aplicados, como hoy en día en el ámbito rural, para calmar el escozor de las picaduras de los insectos. Estos usos se prolongaron durante la Edad Media e incluso el Renacimiento.

Alfonso X el Sabio, en el Lapidario de su libro “De Re Metallica”, recogiendo textos y traducciones anteriores, habla de las propiedades saludables y usos de rocas y “tierras medicinales”.

Existen referencias posteriores sobre el uso terapéutico de los peloides: Juan de Dondis en 1370 sugería la aplicación de barro para afecciones cutáneas; Miguel de Savonarola (S. XV) aconsejaba fricciones con barro para los problemas articulares; Margarita de Valois describía en su libro “Heptameron”, los baños de barro aplicados

en el balneario pirenaico de Cauterets a principios del siglo XVI³².

A partir del siglo XV y con el descubrimiento de América, se pudo conocer que las primitivas civilizaciones indígenas de América (mayas, incas, sioux, creddks, chippewas, etc.) utilizaban arcillas para el tratamiento de heridas y para sus rituales³³.

La aparición de las Academias de Ciencias (s. XVII) y el desarrollo de la Cristalografía y Mineralogía (s. XVIII-XIX) ha permitido profundizar en el conocimiento de los minerales y materiales geológicos para usos medicinales³⁴.

A finales del siglo XIX y comienzos del XX, con el auge del termalismo, se desarrollaron en Europa numerosas villas termales que utilizaron tratamientos con peloides.

Con el desarrollo de la farmacología moderna, cayeron en desuso las terapias y medicamentos naturales y con ellos los peloides, utilizándose solo en algunos balnearios.

A finales del siglo pasado renació el uso de las terapias naturales con peloides, que actualmente se

³². Viseras y Cerezo, 2006.

³³. Perea, 2014.

³⁴. Carretero, 2002.

emplean en casi todos los balnearios europeos y americanos. En España, por ejemplo, destacan, por la aplicación de peloides, los de Archena, El Raposo, Arnedillo y Caldes de Boí. A fines del s. XVII solo los utilizaba el balneario de Trillo con fines terapéuticos, aunque Limón Montero mencionaba las cualidades de los peloides de Archena, Ledesma y Fuencaiente³⁵.

En los últimos años se han desarrollado numerosas investigaciones científicas que estudian su composición, propiedades y acciones terapéuticas. Avances que están relacionados con el fomento de la formación de médicos y técnicos en termalismo, pero también con la creación de organismos de investigación. Existen diversas instituciones que se encuentran investigando las propiedades de los peloides, como el Instituto de Balneología, Fisioterapia y Rehabilitación de Bulgaria, la Fondazione per la Ricerca Scientifica Termale (FoRST) en Italia y la Association Française pour la Recherche Thermale (AFRETH) — con proyectos sobre diferentes terapias termales³⁶, la Universidad de Montpellier de Francia, el Centro Científico de Rehabilitación de Eupatoria en Ucrania, la Academia de Ciencias de Medicina Tradicional de Pyongyang, además de otras universidades y centros terapéuticos. La investigación también se ha fomentado por la circunstancia de que países como Francia e Italia exijan demostrar la eficacia de los tratamientos termales para obtener financiación pública. Así, la colaboración con universidades e institutos de investigación se ha multiplicado y se han dedicado fondos de los centros termales y de los municipios para estos trabajos científicos³⁷.

Su uso dermatocósmético se conoce desde la antigüedad, destacando la aplicación de los barroes del Mar Muerto que Cleopatra utilizaba para mantener su belleza y que siguen utilizándose y comercializándose a nivel mundial.

Los barroes también han sido empleados por diferentes culturas en ritos religiosos que todavía hoy perduran como sucede en Irán en la festividad de “La Ashura” durante el rito “Kharrah Mali”³⁸.

Composición y características

Los peloides son dispersiones densas, semisólidas y de aspecto homogéneo, de partículas minerales y/u orgánicas extremadamente finas en agua natural, pudiendo ser esta última mineromedicinal o salada, bien de mar

o de lago salado³⁹. Estos productos deben mantener su aspecto, características y propiedades a lo largo del tiempo⁴⁰ (Tabla 1).

En estas dispersiones pueden distinguirse dos fases, una sólida y otra líquida.

La fase sólida suele estar mayoritariamente constituida por partículas inorgánicas inferiores a dos micras que corresponden sobre todo a minerales de la arcilla. Los peloides naturales suelen contener en menor medida otros minerales presentes en los sedimentos arcillosos naturales: cuarzo, feldespato, mica, calcita, yeso, óxidos e hidróxidos de hierro, etc.

También pueden coexistir partículas minerales de neoformación, precipitados procedentes de las aguas empleadas y de su interacción con la materia sólida, como carbonatos, sulfatos, óxidos e hidróxidos y otras sales.

Algunos de ellos pueden incluir, en proporción variable, partículas orgánicas procedentes de la descomposición de restos de animales o vegetales, destacando entre ellas los restos vegetales y las sustancias húmicas; incluso microorganismos como algas, hongos, líquenes, musgos, fitoplancton, bacterias, etc⁴¹.

Las turbas constituyen un tipo especial de peloides en el que la fase sólida está constituida casi exclusivamente por restos vegetales y sustancias húmicas.

La fase líquida está constituida por agua con sustancias inorgánicas y orgánicas en disolución, procedentes del agua empleada y de la interacción con la fase sólida; los solutos más comunes son cloruros, sulfatos, bicarbonatos, sodio, potasio, calcio, magnesio, sílice, hierro y manganeso; también puede contener elementos traza y oligoelementos, así como gases disueltos: CO₂, SH₂, CH₄.

La materia orgánica disuelta o en estado coloidal suele estar constituida mayoritariamente por ácidos húmicos, y en menor medida por proteínas, vitaminas, hidratos de carbono, esteroides y otras sustancias derivadas de la acción biológica⁴².

Además, esta fase líquida puede contener una pequeña proporción de fluidos orgánicos inmiscibles en agua.

Sus características organolépticas son muy variadas, su aspecto y textura⁴³ es el de masas compactas, más o menos homogéneas y untuosas, con colores variables desde el gris verdoso al marrón oscuro, en relación con su contenido en materia orgánica y sulfuros de hierro;

³⁵. Gómez, 2012, 57.

³⁶. Gómez, 2012, 9.

³⁷. Gómez, 2012, 17.

³⁸. Rosino, 2015.

³⁹. Gómez, 2012, 82-118.

⁴⁰. Armijo y Armijo, 2006a.

⁴¹. Sánchez y Fagundo, 2000.

⁴². Tserenpil, Dolmaa & Voronkov, 2010.

⁴³. Armijo et al., 2010. Armijo y Maraver, 2006.

Tabla 1. Componentes del peloide

Fase Sólida	Fracción Mineral	Minerales Heredados	Minerales de la arcilla, cuarzo, feldespato, micas, calcita, etc.
		Precipitados y minerales de neoformación	Carbonatos, sulfatos, cloruros, óxidos e hidróxidos de hierro y manganeso, etc.
	Fracción Orgánica	Restos vegetales	Proteínas y aminoácidos, carbohidratos, ácidos orgánicos, grasas, ceras, resinas, lignina, etc.
		Material Húmico	Ácidos húmicos y fúlvicos.
Fase Líquida	Fracción Biológica		Algas, hongos, líquenes, musgos, zoo y fitoplancton, bacterias, etc.
	Componentes in-orgánicos	Inorgánicos Mayoritarios	Cloruros, sulfatos, bicarbonatos, carbonatos, nitratos, (fosfatos), sodio, calcio, magnesio, sílice.
		Factores mineralizantes específicos	Hierro, sulfuro de hidrógeno y sulfhidratos, dióxido de carbono y radón.
		Minoritarios y Oligoelementos	Boro, yodo, flúor, cobre, arsénico, níquel, cinc, selenio, estroncio, litio, etc.
		Gases	Dióxido de carbono, hidrógeno sulfurado, metano, etc.
	Componentes orgánicos		Fosfolípidos, esteroides, vitaminas, aminoácidos, estrógenos y sustancias con actividad hormonal.

Fuente: elaborado a partir de San Martín, 1994.

pueden ser desde inodoros a fuertemente pútridos cuando contienen sulfhídrico o sulfhidratos⁴⁴.

El interés terapéutico de los peloides deriva de sus principales características: gran capacidad de adsorción y retención de agua, elevado grado de dilatación, viscosidad, plasticidad y de adhesión, así como una elevada capacidad de cambio iónico que permite la transferencia de elementos entre las fases que lo componen. Estas características proporcionan las propiedades reológicas que facilitan su manejo y aplicación, y las propiedades termoterápicas, gracias a las cuales su aplicación es tolerable a altas temperaturas (40-50 °C), cediendo calor al cuerpo de forma lenta, por lo que, el efecto térmico sobre la zona de aplicación es intenso y prolongado.

La composición de la fase líquida del peloide, sobre todo la presencia de sustancias bioactivas como hidrógeno sulfurado, ácidos húmicos, aminoácidos o estrógenos, condiciona efectos terapéuticos dermatológicos y terapéuticos adicionales a los propios termoterápicos⁴⁵.

También la composición de esta fase líquida puede tener efectos negativos por lo que debe controlarse para evitar la presencia de elementos o sustancias tóxicas y/o microorganismos patógenos.

Desde el punto de vista terapéutico, también es importante el pH del peloide, que depende de la composición de la fase sólida y del pH del agua empleada, ya que peloides muy alcalinos o muy ácidos pueden modificar el equilibrio fisiológico del manto cutáneo, alterando sus propiedades y fisiología⁴⁶.

ARCILLAS

Desde el ámbito sedimentológico, una arcilla es una roca o sedimento formado por partículas extremadamente finas, inferiores a 2 µm, procedentes de la descomposición de rocas preexistentes por meteorización o alteración hidrotermal. Generalmente, tras un transporte por agua o viento, se depositaron en zonas distales en un medio de muy baja energía: fondos marinos, lagos, lagunas, ríos, fondos de valle, etc. ("arcillas primarias"), aunque también existen depósitos de arcillas generadas por alteración rocosa "in situ" que no han sufrido transporte ("depósitos de alteración" que originan las denominadas arcillas secundarias).

Estos sedimentos naturales, dada su génesis, suelen incluir además de minerales de la arcilla, otros minerales como cuarzo, mica, feldespato, calcita, dolomita, así como materia y sustancias orgánicas, óxidos e hidróxidos de hierro, etc.⁴⁷ Las arcillas también forman una parte muy significativa del suelo vegetal, donde coexisten con sustancias orgánicas coloidales, arenas, sustancias húmicas y microorganismos. Algunos de ellos, especialmente los que han permanecido en contacto permanente con determinados tipos de aguas (salinas, termales, mineromedicinales, etc.) se han venido utilizando con fines terapéuticos y/o dermocosméticos en peloterapia, constituyendo los peloides naturales.

Desde el punto de vista mineralógico, las arcillas son un nutrido grupo de minerales del grupo de los filosilicatos, con hábito o estructura interna planar o fibrosa,

⁴⁴. San Martín, 1994.

⁴⁵. Meijide y Mourelle, 2006.

⁴⁶. Meijide y Mourelle, 2006.

⁴⁷. Gómez, 2012, 122-128.

constituidos por partículas muy finas con elevada porosidad y gran capacidad de adsorción de agua, que en condiciones de hidratación presentan elevada plasticidad y adherencia, con tendencia a la formación de soluciones coloidales tixotrópicas.

Generalmente los yacimientos arcillosos están constituidos por varios minerales o tipos de minerales del grupo de las arcillas, junto con pequeñas partículas de otros minerales como cuarzo, feldespato, calcita, etc. Además, dentro de cada mineral existe una gran heterogeneidad química y estructural, debida a imperfecciones cristalinas, sustituciones isomórficas, defectos estructurales de apilamiento y de rotación o traslación interlaminar, que influyen en las propiedades físicas del mineral⁴⁸.

Los minerales de las arcillas se corresponden con un tipo de filosilicatos hidratados que forman parte de la fracción más fina de rocas, sedimentos y suelos, que se presentan en forma de un conjunto de agregados anisótropos de elevada porosidad, formados por partículas minerales de muy pequeño tamaño, constituidas por agrupaciones de láminas de cristales minerales, o menos frecuentemente de agrupaciones de mineral fibroso (Figura 2).

La estructura cristalina de los minerales de las arcillas está constituida por un apilamiento polimérico de capas de tetraedros de silicio y de octaedros de aluminio o magnesio, unidas entre sí por planos de iones oxígeno e hidroxilos comunes.

Los grupos tetraédricos (SiO_4)⁴⁻ se unen compartiendo tres de sus cuatro oxígenos con otros vecinos formando capas, de extensión infinita y fórmula $(\text{Si}_2\text{O}_5)^{2-}$, que constituyen la unidad fundamental de los filosilicatos. En ellas los tetraedros se distribuyen de acuerdo a una simetría cuasihexagonal. El silicio tetraédrico puede estar, en parte, sustituido por Al^{3+} o Fe^{3+} , dando lugar a cargas libres.

La capa octaédrica está constituida por un catión central y grupos oxidrilo en los vértices compartidos por los octaedros, si el catión es divalente se genera un empaquetamiento planar más compacto denominándose capa trioctaédrica, mientras que si el catión es trivalente se genera un empaquetamiento planar menos denso que se denomina capa dioctaédrica, en el que solo se ocupan dos de los tres espacios octaédricos posibles.

Existen dos tipos de estructuras posibles para cada lámina mineral:

- Estructura tipo 1:1 o T:O, es una estructura constituida por una capa tetraédrica y una octaédrica, unidas por los oxígenos apicales de la primera y por grupos hidroxilos de la segunda.
- Estructura tipo 2:1 o T:O:T, es una estructura, típica de las arcillas esmectíticas, constituida por dos capas de tetraedros intercaladas por una de octaedros.

Algunos filosilicatos bilaminares presentan estructura fibrosa y no laminar, debido al giro de octaedros y tetraedros cada 6 (sepiolita), o cada 8 (paligorskita).

La gran variedad de cambios isomórficos posibles, tanto en los cationes de las capas tetraédricas como de las octaédricas, y la gran cantidad de iones interlaminares que con diferentes grados de hidratación pueden intervenir en la compensación de cargas, condiciona que exista una numerosa variedad mineralógica, con grupos de minerales semejantes, pero que presentan propiedades físico-químicas diferentes. Todo ello entraña dificultades a la hora de su clasificación.

La clasificación tradicional de los filosilicatos se basa en el tipo de lámina (T:O; T:O:T), la carga neta de la lámina y el carácter di o tri-octaédrico de la capa octaédrica⁴⁹ (Tabla 2).

La superficie de las láminas minerales suele estar cargada negativamente debido a sustituciones isomórficas de iones de distinta carga en la red estructural o a disociación de los grupos oxidrilo superficiales; la intensidad de esta carga eléctrica se compensa superficialmente con cationes que suelen estar solvatados, o por otros elementos y sustancias intercambiables que condicionan las propiedades coloidales de la arcilla. El tipo de catión interlaminar presente condiciona las propiedades de las distintas variedades mineralógicas, debido a la fuerza con la que se encuentra unido a las láminas y al tamaño de dichos cationes; así, los cationes divalentes presentan mayor fuerza de unión que los monovalentes que deben entrar en doble cantidad para compensar las cargas y son de mayor tamaño, forzando de este modo que el espacio entre láminas de estos últimos sea más amplio y la unión interlaminar más débil.

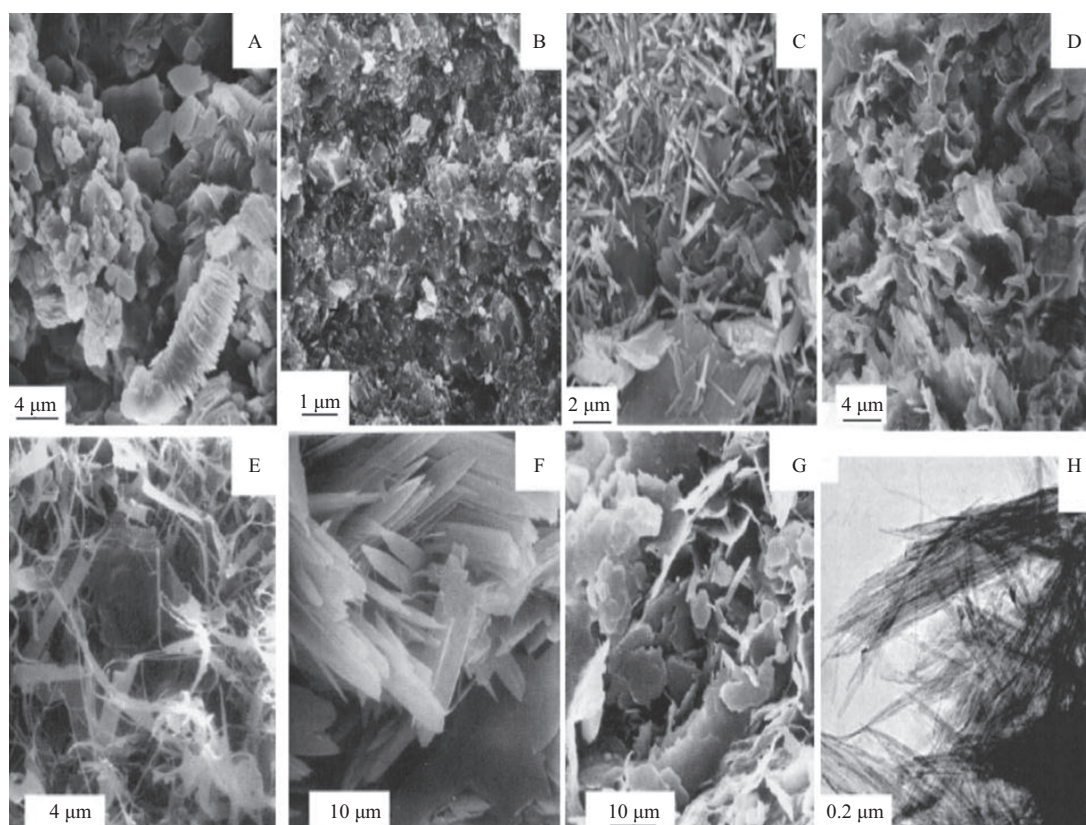
La principal diferencia entre los minerales arcillosos bilaminares y trilaminares de interés en peloterapia es el comportamiento de sus dispersiones; así los bilaminares apenas tienen hinchamiento, mientras que las esmectitas y vermiculitas son capaces de formar geles⁵⁰.

⁴⁸. Suárez, 2010.

⁴⁹. Bailey, 1980.

⁵⁰. Viseras y Cerezo, 2006.

Figura 2. Fotografía electrónica de distintos agrupamientos de láminas o fibras minerales



Fuente: Bergaya y Lagaly, 2006.

Tabla 2. Clasificación tradicional de los filosilicatos. En **negrita** los minerales arcillosos de interés en la preparación de peloides

	DIOCTAÉDRICOS		TRIOCTAÉDRICOS		Material interlaminar (Carga)
BILAMINARES T:O 1:1	CANDITAS	Caolinita	SERPENTINA	Antigorita	Nada solo H ₂ O (0)
		Nacrita		Crisotilo	
		Dichita		Lizardita	
		Halloisita		Bertierina	
TRILAMINARES T:O:T 2:1	ESMECTITAS	Montmorillonita	ESMECTITAS	Saponita	Cationes hidratados (0,2-0,6)
		Beidellita		Sauconita	
		Nontronita		Hectorita	
	ILLITAS		Wonesita		Cationes no hidratados (0,6-0,9)
	Hábito Fibroso	PALIGORSKITA	Hábito Fibroso	SEPIOLITA	(0,2)
	VERMICULITAS		VERMICULITAS		Cationes hidratados (0,6-0,9)
	MICAS	Moscovita	MICAS	Biotita	Cationes no hidratados (0,85-1,0)
		Paragonita		Lepidolita	
	PIROFILITA		TALCO		Nada (0)
	CLORITAS		CLORITAS		Capa de hidróxido (variable)

Fuente: Bailey, 1980.

Las propiedades termofísicas de las arcillas dependen de sus características mineralógicas y texturales, destacando las siguientes:

- Superficie específica. Es el valor de la superficie que ocupan las partículas por unidad de masa, incluyendo tanto el área superficial de las partículas como su área interna, si existe; se expresa en m^2/g . Como estos minerales se presentan en partículas muy pequeñas, presentan una gran superficie específica, tanto mayor cuanto menor es su tamaño de grano. Este parámetro condiciona otras propiedades como plasticidad o viscosidad que incrementan su valor con la superficie específica, ya que aumenta el contacto sólido-agua (Tabla 3).

Tabla 3. Superficie específica de minerales principales de las arcillas utilizadas en peloides

Mineral	Superficie específica (m^2/g)
Caolinita	< 50
Halloisita	< 60
Illita	< 50
Montmorillonita	80-300
Sepiolita	100-240
Paligorskita	100-200
Vermiculita	500-700

Fuente: modificado de García y Suárez.

- Carga electroquímica de los minerales de las arcillas. La mayor parte de los minerales de la arcilla presentan láminas cristalinas cargadas, debido a las sustituciones isomórficas existentes en sus capas octaédricas y/o tetraédricas, y en menor medida a la presencia de enlaces insaturados en sus bordes y superficies externas y a la disociación de los grupos hidroxilos accesibles, sobre todo en el caso de minerales del tipo caolinita, en cuyo caso la carga de las láminas depende de las condiciones de pH y actividad iónica del medio.

Estas cargas superficiales se encuentran compensadas por cationes interlaminares, hidratados en mayor o menor medida.

Las partículas minerales arcillosas se encuentran igualmente con carga eléctrica negativa en su superficie, cuya intensidad depende del área superficial y mineral que se trate, y pequeñas cargas positivas en sus bordes o límites de las capas.

Debido a la alta superficie específica y carga de las partículas, los minerales arcillosos tienen estas peculiares propiedades:

- Hidratación e hinchamiento. Cuando un mineral arcilloso entra en contacto con el agua, se produce una atracción electrostática de las moléculas bipolares del agua con las superficies minerales (cuya intensidad depende exclusivamente de la carga de las láminas) y una hidratación de los cationes interlaminares, lo que hace que aumente el espaciado interlaminar y se produzca el hinchamiento.

La capacidad de hinchamiento de las arcillas depende del tipo de catión interlaminar existente, de modo que los cationes monovalentes —por su mayor tamaño y menor carga— permiten una mayor capacidad de hinchamiento que los bivalentes.

A medida que se van incorporando moléculas de agua y otras moléculas polares, aumenta la separación interlaminar y se incrementan las fuerzas de repulsión electrostáticas, hasta que, finalmente, se rompen las débiles uniones de los cationes de intercambio, alcanzando la dispersión coloidal.

- Capacidad de intercambio iónico. Es la capacidad que poseen las partículas arcillosas de intercambiar los iones fijados en su superficie y espacio interlaminar, por otros presentes en las soluciones acuosas donde se encuentran, se cuantifica en miliequivalentes por cada cien gramos, permitiendo evaluar la cantidad de cargas eléctricas de una arcilla en función de su peso.

El intercambio se produce cuando la hidratación debilita la unión de los cationes interlaminares de la arcilla, que pueden ser estequiométricamente sustituidos por otros cationes (Tabla 4).

Tabla 4. Capacidad de intercambio catiónico de algunos minerales de la arcilla utilizada en peloterapia

Mineral	CIC
Caolinita	3-5
Halloisita	10-40
Illita	10-50
Clorita	10-50
Vermiculita	100-200
Montmorillonita	80-200
Sepiolita	20-35
Paligorskita	20-35

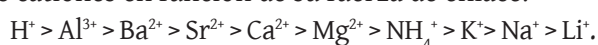
Fuente: García y Suárez.

- Capacidad sorcitiva (adsorción/absorción). Es una propiedad típica de los minerales de las arcillas derivada de su carga electroquímica superficial, por la que atraen hacia su superficie los solutos presentes, mediante fuerzas electrostáticas de Van der Waals

o químicas. Su valor se expresa como porcentaje de solvatos respecto a la masa mineral y depende para una misma arcilla de la sustancia que se trate.

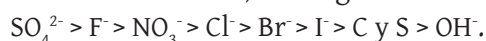
Cuando los minerales incorporan estos solutos en el interior de su estructura: espacio interlaminar de las esmectitas, o canales de sepiolitas, se utiliza el término adsorción. El término sorción se emplea de forma genérica para incluir ambos mecanismos.

Los cationes más pequeños y con mayor carga son adsorbidos por las partículas arcillosas con mayor fuerza y más facilidad que los de menor carga y mayor tamaño. La serie de Hofmeister ordena diversos cationes en función de su fuerza de enlace:



Es necesario tener en cuenta que puede producirse también una adsorción de aniones que incrementa la carga negativa de las partículas de arcilla, afectando a los procesos de intercambio iónico.

La serie de Hofmeister de aniones, en orden decreciente de adsorción, es la siguiente:



La cantidad y el tipo de los iones adsorbidos por las partículas arcillosas influye en sus características y propiedades plásticas y reológicas.

- Abrasividad. La abrasividad, o capacidad de desgastar un sólido mediante frotamiento, es una cualidad que está ligada a la presencia de partículas minerales de elevada dureza (cuarzo, feldespato, etc.)
- Plasticidad. Es la capacidad de deformación que presentan la mayoría de las arcillas, debido al efecto lubricante del agua adsorbida que facilita el desplazamiento de las minúsculas partículas minerales. Puede ser cuantificada mediante el índice de Atterberg, que determina el comportamiento sólido, semisólido, plástico y semilíquido o viscoso⁵¹.

Esta propiedad está relacionada con su contenido acuoso y es consecuencia del pequeño tamaño de las partículas y de su capacidad de sorción.

La cantidad mínima de agua (% en peso) para que la arcilla pueda moldearse constituye el límite plástico, la cantidad mínima de agua (% en peso) para que la arcilla se deforme por su propio peso, adquiriendo un comportamiento fluido, constituye el límite líquido. El índice de plasticidad es la diferencia entre el límite líquido y el plástico. Valores superiores a 10 indican elevada plasticidad, e inferiores a 10 baja plasticidad.

El comportamiento plástico de los diferentes minerales arcillosos es muy variable dependiendo del tamaño de la partícula y del grado de imperfección del cristal; en general, la plasticidad aumenta cuando aumentan las imperfecciones cristalinas y cuando disminuye el tamaño de las partículas⁵².

- Propiedades reológicas. Son aquellas que definen la capacidad de las arcillas para alcanzar en suspensión un comportamiento viscoelástico⁵³; entre ellas el porcentaje de sólidos necesario para formar una suspensión viscosa estable, o la extensibilidad de la suspensión, etc.; existiendo grandes diferencias en función del mineral y composición de las aguas utilizadas, así las mezclas con caolinita requieren un 70% de sólidos, mientras que las de esmectitas pueden requerir solo un 6 %. Estas propiedades dependen en gran medida del pH y de la fuerza iónica de la solución⁵⁴.
- Índice de enfriamiento y calor específico. El índice de enfriamiento es la cantidad de calor que cede la arcilla por unidad de masa para descender un grado su temperatura⁵⁵. El calor específico es la cantidad de calor necesaria para elevar un grado la temperatura de una unidad de masa de mineral. Ambos son parámetros proporcionales y tienen relación directa con su contenido en agua: a mayor cantidad de agua mayor índice de enfriamiento y mayor calor específico.
- pH. El pH es un parámetro que debe tenerse muy en cuenta en la preparación de peloides, puesto que tiene gran influencia en la estabilidad coloidal de la arcilla.

Los minerales de la arcilla presentan un pH variable, entre 4 y 8,5, siendo generalmente diferentes del que presenta la piel (5,5-6). El pH de la caolinita es ligeramente más ácido que el de la piel, e illita y esmectitas suelen tener un pH más básico. No obstante, hay que considerar que el pH de los minerales de la arcilla depende del grado de hidratación, de modo que este se incrementa con el contenido en agua, aunque no de modo proporcional; también es necesario considerar que este parámetro es muy sensible a la actividad bacteriana, cuyo desarrollo puede producir cambios bruscos de pH.

Para la correcta formulación de los peloides en uso terapéutico y dermocosmético es necesario determinar las características y propiedades que deben reunir las arcillas “iniciales”, en cuanto a mineralogía, composición,

⁵¹. Jiménez y De Justo, 1975.

⁵². García y Suárez, 3 de abril de 2018.

⁵³. Gómez et al., 2011.

⁵⁴. Carretero y Pozo, 2009.

⁵⁵. Armijo y Armijo, 2006b. Mourelle et al., 2007.

propiedades específicas (plasticidad, capacidad de intercambio, capacidad sorcitiva...) y aquellas propiedades termofísicas⁵⁶ relacionadas con el comportamiento térmico (densidad, calor específico, conductividad, índice de enfriamiento) y aplicación sobre la piel (viscosidad, pH, manejabilidad...)⁵⁷. Además, se debe evitar la presencia en ellas de elementos tóxicos como As, Pb, Hg, Cd, etc.⁵⁸.

Según Carretero y colaboradores, las propiedades físicas y físico-químicas por las que las arcillas se usan en balnearios y cosmética son⁵⁹:

- Baja dureza y pequeño tamaño de partícula (<2µm), que proporcionan sensación de suavidad.
- Elevada capacidad sorcitiva (absorción/adsorción), que permite una buena mezcla arcilla-agua.
- Elevada capacidad de cambio catiónico, que permite un intercambio de sustancias en contacto con la piel.
- Alta plasticidad con objeto de que sea fácilmente moldeable y tenga adherencia sobre la piel.
- Propiedades reológicas adecuadas que permiten preparar suspensiones de calidades estables, fácilmente aplicables.
- Valores de pH próximos a los de la piel humana, para evitar irritaciones y problemas dermatológicos.
- Alta capacidad de retención del calor, fundamental para aplicaciones termoterápicas.

En peloterapia son apropiados aquellos minerales de la arcilla que presenten menor tamaño de grano y elevada capacidad de cambio catiónico, lo que permite que posean una mayor superficie específica y mayor capacidad de absorción de agua, lo que favorece sus propiedades plásticas, reológicas y térmicas.

Desde el punto de vista mineralógico, las cualidades de interés en peloterapia dependen de la superficie específica, capacidad de intercambio catiónico del mineral y retentividad térmica (propiedad dependiente del calor específico, conductividad térmica y densidad); si se tienen en cuenta los valores de estos parámetros en los minerales de las arcillas (Tabla 5), se puede inferir que no existe un mineral ideal, pero sí localizar el más adecuado para conseguir unas determinadas propiedades.

La mayor parte de los peloides españoles⁶⁰ no contienen las arcillas más habituales para preparar peloides como caolín o esmectitas, incluso en algún caso ni

siquiera contienen arcillas, por lo que presentan muy baja capacidad de hinchamiento⁶¹.

Hay que tener en cuenta que la extensibilidad del producto y su poder de cubrición depende del contenido en partículas minerales, algo que es inversamente proporcional a su contenido acuoso, por lo que es necesario conjugar ambos factores para realizar una correcta formulación del peloide.

La estabilidad de los peloides, como coloides que son, está condicionada por el pH; muchas de sus propiedades pueden verse afectadas por la presencia de otros minerales o sustancias: así, la presencia de carbonatos reduce su plasticidad y el cuarzo incrementa su abrasividad.

AGUA

El agua es una parte fundamental del peloide, no solo por constituir el 60-90 % de su peso⁶², aportar su elevada capacidad calorífica e incidir en sus propiedades termofísicas, sino también por aportar iones y sustancias disueltas que físico-químicamente pueden interactuar con la piel, siendo responsables de muchos de sus efectos dermocosméticos.

Para la preparación de peloides se utilizan aguas mineromedicinales, de mar o de lago salado, con características y composición muy variadas.

- Agua de Mar. Tanto las aguas de mar como las de lago salado se caracterizan mayoritariamente por presentar un elevado contenido en sales disueltas⁶³. Las aguas de mar presentan una concentración salina media de unos 35 g/l, con variaciones significativas entre los 15 g/l del Báltico y los 400 g/l del Caspio, con valores medios en el Atlántico (32 g/l) y Mediterráneo (36 g/l)⁶⁴. Pese a sus variaciones de salinidad, las proporciones iónicas prácticamente son constantes. En su composición predominan cloruros y sodio, que junto con sulfatos, magnesio, calcio y potasio representan más del 99 % del total de sales (Tabla 6).

Los componentes mayoritarios del agua de mar, ordenados según su concentración, son: Cl⁻, Na⁺, SO₄²⁻, Mg²⁺, Ca²⁺, K⁺, HCO₃⁻, NO₃⁻, Br⁻, siguiéndole en ese orden Sr²⁺, I⁻, F⁻ y SiO₂⁶⁵.

El agua de mar contiene prácticamente todos los elementos químicos, incluyendo 79 oligoelementos, siendo

⁵⁶. Legido et al., 2009. Martínez et al., 2011.

⁵⁷. Mourelle, 2006.

⁵⁸. Tateo & Summa, 2007.

⁵⁹. Carretero, Gomes & Tateo, 2006.

⁶⁰. Legido et al., 2006. Carretero et al., 2010. Armijo y Armijo, 2006.

⁶¹. Cerezo et al., 2005.

⁶². Martín, 2008. Gómez, 2012, 82-92 y 128-130.

⁶³. Carretero et al., 2006.

⁶⁴. Suárez y Fagundo, 2000.

⁶⁵. Suárez y Fagundo, 2000.

Tabla 5. Propiedades de las arcillas de mayor interés en peloterapia

	Tamaño de partícula	Superficie Específica m ² /g	Capacidad intercambio catiónico (meq/100g)	Índice de plasticidad	pH	Cp Calor específico a 300K (JK ⁻¹ KG ⁻¹)	ρ Densidad 10 ³ ·Kg m ⁻³
Caolinita	~ 1 μ diámetro 0.1 μ espesor	15-50	3-5	40-50	4.5-5.5	930-960	2.61-2.68
Montmorillonita	Na: ~ 0.001 μ Ca: 0.02-0.03 μ	80-300	80-200	150-350	8-8.5	810 780	1.7-2.0
Halloisita		<60	10-40				2.55
Illita	~ 0.01 μ	<50	10-50	50-60	7-8	810	2.6-2.9
Sepiolita		100-240	20-35				2.08
Paligorskita		100-200	20-35			740	2.29-2.36
Vermiculita		500-700	100-200			840-1080	2.4-2.7

Fuente: modificado de Carretero, 2005.

Tabla 6. Composición media del agua de mar utilizada por el Centro Thalasia (julio 2009-abril 2010)

Parámetro	Valor medio
Conductividad a 25°C (μS/cm)	66720
pH	7,5
Litio (mg/l)	0,09
Sodio (mg/l)	11496
Potasio (mg/l)	462
Magnesio (mg/l)	1396
Calcio (mg/l)	540
Fluoruros (mg/l)	1,5
Cloruros (mg/l)	19678
Bromuros (mg/l)	6,4
Bicarbonatos (mg/l)	137
Nitratos (mg/l)	10,4
Sulfatos (mg/l)	2782
Total (g/l)	36,5

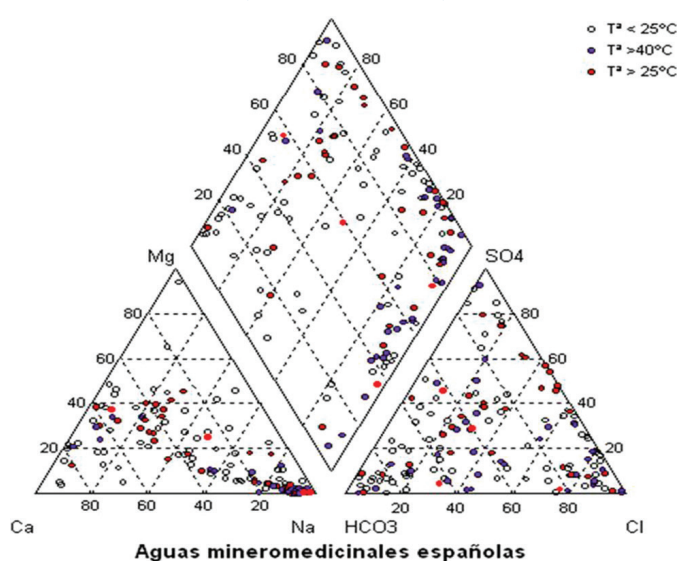
Fuente: Armijo et al., 2010b.

el silicio el más abundante. Además, se encuentran en mayor o menor proporción todos los gases atmosféricos, en especial: nitrógeno, oxígeno y dióxido de carbono. En pequeñas proporciones también aparecen gases nobles como argón, kriptón, xenón, neón y helio⁶⁶ (Tabla 7).

- Evidentemente, el agua de los lagos salados presenta una mayor variabilidad, que afecta tanto a la salinidad como a sus proporciones iónicas, marcadas por la naturaleza de sus aportes hídricos y condiciones

medioambientales particulares. Suelen ser cloruradas sulfatadas o sulfatadas cloruradas, sódicas o mixtas, sódico-cálcicas o cálcico sódicas.

- Aguas mineromedicinales. La variabilidad de las aguas mineromedicinales es enorme, tanto en salinidad como en composición, de modo que no existen aguas mineromedicinales idénticas (Figura 3).

Figura 3. Composición mayoritaria de las aguas de los balnearios españoles (Diagrama de Piper)

Fuente: Rosino, 2015.

⁶⁶. Mourelle, 2006.

Tabla 7. Contenido medio por elementos del agua del mar (ppm)

Elemento	Ppm	Elemento	Ppm	Elemento	ppm
O (H ₂ O)	883000	Ti	0.001	Ce	0.0000012
H (H ₂ O)	110000	Cu	0.0009	Dy	0.00000091
Cl	19400	Se	0.0009	Er	0.00000087
Na	10800	Sn	0.00081	Yb	0.00000082
B	4450	Mn	0.0004	Gd	0.0000007
Mg	1290	Co	0.00039	Pr	0.00000064
S	904	Sb	0.00033	Be	0.0000006
Ca	411	Cs	0.0003	Sm	0.00000045
K	392	Ag	0.00028	Th	0.0000004
Br	67.3	Kr	0.00021	Ho	0.00000022
C	28	Cr	0.0002	Tm	0.00000017
N	15.5	Hg	0.00015	Lu	0.00000015
F	13	Ne	0.00012	Tb	0.00000014
Sr	8.1	Cd	0.00011	Hf	<0.000008
Si	2.9	Ge	0.00006	Sc	<0.000004
Ar	0.45	Xe	0.000047	Ta	<0.0000025
Li	0.17	Ga	0.00003	W	<0.000001
Rb	0.12	Pb	0.00003	Rh	"
P	0.088	Zr	0.000026	Te	"
I	0.064	Bi	0.00002	Os	"
Ba	0.021	Nb	0.000015	Pd	"
Ni	0.0066	Y	0.000013	In	"
Zn	0.005	Au	0.000011	Ir	"
Fe	0.0034	Re	0.0000084	Pt	"
U	0.0033	He	0.0000072	Tl	"
As	0.0026	La	0.0000029	Pu	"
V	0.0019	Nd	0.0000028		
Al	0.001	Eu	0.0000013		

Fuente: modificado de Floor, 2006.

Su interés terapéutico está condicionado por la temperatura de surgencia, grado de mineralización, composición y relaciones iónicas; además, existen unos componentes específicos que dotan al agua de interés terapéutico: son los llamados factores mineralizantes específicos.

- a) Temperatura. La temperatura de aplicación del agua es un factor de gran interés en las técnicas terapéuticas pero pocas veces coincide con la temperatura de emergencia, utilizándose sistemas de climatización para alcanzar la temperatura adecuada de aplicación.

En España las temperaturas de surgencia de las aguas mineromedicinales son muy variadas, desde los 14-15 °C de las aguas frías, a más de 80 °C en el balneario de Lobios (Ourense) (Tabla 8).

Tabla 8. Clasificación de las aguas mineromedicinales según temperatura de surgencia

Denominación	Temperatura de surgencia en °C
Frías	Menos de 20
Hipotermiales	Entre 20 y 35
Mesotermiales	Entre 35 y 37
Hipertermiales	Más de 37

Fuente: modificado de Maraver et al., 2004.

Debe tenerse en cuenta que la temperatura condiciona la estabilidad de las sustancias iónicas disueltas, por lo que el enfriamiento del agua puede conllevar la precipitación de algunas sustancias, influyendo en las propiedades termofísicas del peloide.

- b) Grado de mineralización y composición. El grado de mineralización de las aguas mineromedicinales suele registrarse como residuo seco a 110 °C, y oscila en España desde menos de 50 mg/l en numerosas aguas oligometálicas, a más de 300 g/l en las aguas hipersalinas del Balneario de Elgorriaga (Navarra) (Tabla 9).

Tabla 9. Clasificación de las aguas mineromedicinales según su mineralización

Denominación	Residuo seco a 110 °C
Oligometálicas	Menos de 100 mg/l
De mineralización muy débil	Entre 100 y 250 mg/l
De mineralización débil	Entre 250 y 500 mg/l
De mineralización media	Entre 500 y 1000 mg/l
De mineralización fuerte	Más de 1500 mg/l

Fuente: Maraver et al., 2004.

Destacan por su interés terapéutico las aguas mineromedicinales con más de un gramo por litro de sustancia mineralizante, cuyas acciones y propiedades terapéuticas específicas dependen de las relaciones estequiométricas porcentuales de sus principales componentes aniónicos, considerando fundamentalmente aquellos aniones que superan estequiométricamente el 20 % del contenido aniónico total. Sus principales acciones en el organismo son⁶⁷:

- Aguas cloruradas. Predominan el anión cloruro y los cationes sodio, calcio o magnesio. La mineralización total debe superar 1 g/l. Son estimulantes de múltiples funciones orgánicas. Las acciones concretas sobre los sistemas orgánicos dependen de la mineralización total del agua y de la vía de administración. Se suelen usar en reumatología, dermatología, ORL, afecciones respiratorias crónicas y en el agotamiento psicofísico.
- Aguas sulfatadas. Predominan los aniones sulfato con diferentes cationes. La mineralización total debe superar 1 g/l. Por vía oral son colagogas, hepatoprotectoras y, habitualmente, laxantes. Sus principales usos son en dispepsias digestivas y discinesias biliares. Estas aguas pueden compartir otros grupos de

composición química, diversificando sus acciones y vías de administración.

- Aguas bicarbonatadas. Predomina el anión bicarbonato y su mineralización global es superior a 1g/l. Suelen administrarse en curas hidropínicas, estimulando así la secreción enzimática pancreática. Su uso es, sobre todo, saponificante de la bilis, alcalinizan la orina y también el pH gástrico. Estas aguas pueden compartir otros grupos de composición química diversificando sus acciones y su vía de administración.

También numerosas aguas oligometálicas, con una concentración de sales disueltas inferior a 1 g/l, presentan interés terapéutico, siendo utilizadas por numerosos balnearios. Generalmente, las que poseen una temperatura superior a 35°C suelen utilizarse para afecciones reumáticas y rehabilitación de afecciones del aparato locomotor; las que poseen temperaturas más bajas se utilizan preferentemente por vía oral, como diuréticas y aguas de mesa⁶⁸.

- c) Factores mineralizantes específicos. Se denominan así aquellos componentes que por sí mismos y superando una determinada concentración otorgan al agua propiedades de interés terapéutico (Tabla 10).

Tabla 10. Factores mineralizantes específicos

Sustancia/Contenido	Denominación
Contenido en hierro superior a 5 mg/l	Ferruginosas
Contenido en dióxido de carbono disuelto superior a 250 mg/l	Carbónicas o Carbogaseosas
Contenido en sulfhídrico o sulfhidratos superior a 1 mg/l	Sulfuradas
Actividad del radón superior a 67,3 Bq/l	Radiactivas

Fuente: Maraver et al., 2004.

Otros factores mineralizantes antes valorados como el litio, flúor, arsénico, yodo, boro, bromo, bario, estroncio, etc. hoy en día están en controversia, carecen de interés, o incluso pueden suponer —por toxicidad— una merma en las aplicaciones terapéuticas del agua. Algunos otros términos han sido usados hasta casi nuestros días como las de aguas bituminosas, marciales, agrias, acidulas, fortificantes, alterantes, etc.

Las acciones del agua por su factor mineralizante específico son⁶⁹:

- Aguas carbónicas o carbogaseosas. Contienen una concentración mayor de 250 mg/l de carbónico

⁶⁷. López Silva, 2006.

⁶⁸. San Martín, 1994.

⁶⁹. López Silva, 2006.

libre. Por vía oral son estimulantes de la secreción gástrica y del peristaltismo intestinal. En balneación producen una vasodilatación arteriolar y de los plexos venosos cutáneos, utilizándose en el tratamiento coadyuvante de arteriopatías obliterantes.

- Aguas sulfuradas. Contienen más de 1 mg/l de azufre bivalente, de ordinario bajo las formas de sulfuro de hidrógeno, sulfhidratos y ácidos polisulfhídricos. Su olor es característico a huevos podridos y suelen tener materia orgánica como fuente adicional de azufre elemento: algas (baregina) y bacterias (sulfobacterias o sulfuraria). El azufre bivalente se absorbe por todas las vías de administración. Tiene gran capacidad oxidoreductora sistemática. Estas aguas tienen su principal indicación en determinados procesos reumáticos, dermatológicos, ORL y respiratorios crónicos.
- Aguas ferruginosas. Contienen hierro bivalente en más de 5 mg/l. Suelen ser, además, bicarbonatadas o sulfatadas. La biodisponibilidad del hierro en estas aguas es muy alta por la presencia, generalmente, de otros oligoelementos. Por vía oral aportan hierro. Estimulan la médula ósea mejorando la formación hemática y de hemoglobina. Se recomiendan en anemias hipócromas y carencias de hierro.
- Aguas radioactivas. Son las que contienen radón (gas radiactivo de origen natural) en concentraciones superiores a 67,3 Bq/l. Las dosis de radiactividad aplicadas en las curas termales nunca suponen un riesgo y, por el contrario, han demostrado beneficios sobre el sistema neurovegetativo, el endocrino y el inmune. Este tipo de aguas se utilizan principalmente en reumatología, afecciones respiratorias crónicas y trastornos neuróticos.

Recientemente se propuso una codificación para las aguas mineromedicinales que refleja los principales factores de interés terapéutico: temperatura, grado de mineralización, composición y factores mineralizantes especiales, denominada Patrón Hidromineral⁷⁰; en ella cada agua queda definida por la siguiente expresión: F(C:T) PA:PC (Tabla 11).

Siendo:

- F: presencia e identificación de factores mineralizantes especiales: F (hierro), C (dióxido de carbono), S (hidrógeno sulfurado), R (actividad del Radón).

- C: grado de mineralización expresado por el valor de la conductividad eléctrica en $\mu\text{S}/\text{cm}$, parámetro fácilmente registrable.
- T: temperatura de surgencia en $^{\circ}\text{C}$.
- PA y PC: los patrones geoquímicos aniónico y catiónico, que corresponden respectivamente a un número de tres cifras, en el que cada una expresa el contenido porcentual estequiométrico en tanto por diez, de cloruros, bicarbonatos y sulfatos para aniones y de sodio, calcio y magnesio para cationes.

Así, el patrón hidromineral de Fuentes del Trampal Fe (113:19) 161:242 está indicando que se trata de aguas oligometálicas con una conductividad de 113 $\mu\text{S}/\text{cm}$, que surgen a 19 $^{\circ}\text{C}$, que contienen más de 5 mg/l de hierro bivalente como factor mineralizante específico de estas aguas y que en su composición aniónica presentan: 10-20 % de cloruros, 60-70 % de bicarbonatos y 10-20 % de sulfatos; que su composición catiónica está constituida: 20-30 % por sodio, 40-50 % por calcio y 20-30 % por magnesio.

La salinidad y composición físico-química del agua pueden influir en el pH y en las propiedades termofísicas del peloide; también pueden favorecer que se produzcan procesos físico-químicos que afecten a la distribución granulométrica y a la capacidad de intercambio, llegando incluso a producir cambios mineralógicos⁷¹, como precipitación de sales, intercambio iónico con los materiales arcillosos, fundamentalmente de calcio⁺⁺, magnesio, potasio y sodio, pero también de hierro, cobre, arsénico y aluminio, influyendo en el proceso de maduración del peloide y afectando a sus propiedades termofísicas⁷².

El pH de las aguas con las que se preparan los peloides suele oscilar entre 5 en algunas aguas oligometálicas o carbónicas, a 11 en algunas aguas sulfuradas o básicas como las del balneario de Tolox (Málaga). Su valor no solo influye en el pH del peloide resultante, sino que puede llegar a producir alteraciones en la composición de su fase sólida⁷³.

El agua que se utiliza en la preparación de peloides produce la disgregación e hinchamiento de la materia sólida utilizada, quedando finalmente retenida en los espacios interlaminares, canales y cavidades existentes en el peloide, obteniéndose unas propiedades termofísicas intermedias entre el mineral y el agua utilizada, variando las propiedades del agua con la temperatura (Gráfico 1).

⁷¹. Carretero y Pozo, 2007.

⁷². Curini et al., 1990.

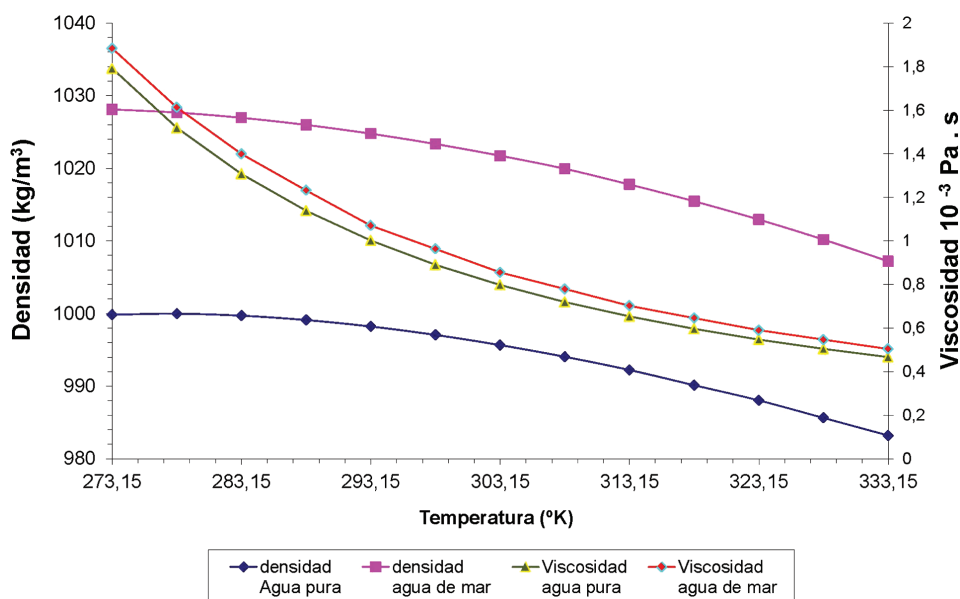
⁷³. Sánchez, Parras & Carretero, 2002.

⁷⁰. Rosino, 2009.

Tabla 11. Ejemplos de clasificación del Patrón Hidromineral

Denominación	Factores mineralizantes	Cond (μS/cm)	Tª (°C)	Patrón hidrogeoquímico		Patrón Hidromineral
				Aniónico	Catiónico	
Fuentes del Trampal	Fe	113	19.4	161	242	Fe(113:19)161:242
Hervideros de Cofrentes	C Fe	7000	15.1	126	126	CFe(7.000:15):126:126
El Salugral	S	636	18.0	170	900	S(636:18):170:900

Gráfico 1. Evolución de densidad y viscosidad del agua pura y agua de mar en función de la temperatura



Fuente: A partir de Gómez, 2012.

Conclusiones

Los peloides son mezclas de arcillas con agua minero-medicinal, sales y materia orgánica, naturales o preparadas *ad hoc*, que son utilizadas desde tiempo inmemorial para el tratamiento de diversas dolencias y para el cuidado y belleza de la piel.

La investigación científica permite determinar sus propiedades físicas y evidenciar sus efectos terapéuticos y dermocosméticos, pudiéndose hoy en día seleccionar los componentes y utilizar procesos de mezcla y maduración adecuados a cada necesidad con el fin de poder estudiar y valorar sus efectos sobre las personas.

BIBLIOGRAFÍA

Alfonso X, Rey de Castilla: *Lapidario*, en http://www.xtal.iqfr.csic.es/Cristalografia/archivos_01/lapidario.pdf. Consultado el 15 de marzo de 2018.

Armijo, F.; Morer, C.; Corvillo, I. y Maraver, F. 2010a: "Estudio de la textura del peloide marino del centro Thalasia (Murcia)", *Boletín de la Sociedad Española de Hidrología Médica*, 25 (2), 76 [https://doi.org/10.1016/S1572-4352\(05\)01001-9](https://doi.org/10.1016/S1572-4352(05)01001-9).

Armijo, F.; Morer, C.; Corvillo, I. y Maraver, F. 2010b: "Estudio analítico del agua marina empleada para la maduración de los peloides del Thalasso Center-Thalasia (San Pedro del Pinatar-Murcia)", en *Libro de resúmenes del II Congreso Iberoamericano de Peloides*, CERSA, Lanjarón, 71-72.

Armijo, F.; Corvillo, I.; Aguilera, L. y Maraver, F. 2010c: "Variación de textura de tres parafangos tras sucesivas esterilizaciones térmicas utilizados en balnearios españoles para el tratamiento de enfermedades del aparato locomotor", en *Libro de resúmenes del II Congreso Iberoamericano de Peloides*, CERSA, Lanjarón, 32-33.

Armijo Castro, F.; Corvillo Martín, I.; López Aguilera, L. y Maraver Eyzaguirre, F. 2005: "Los peloides del balneario de Caldes de Boí. Estudio Químico-Físico, de microscopía electrónica analítica y barrido", *Boletín de la Sociedad Española de Hidrología Médica*, 20 (2), 43-47 <https://doi.org/10.23853/bsehm.2005.0475>.

- Armijo Castro, F.; Ubogui, F. J.; Corvillo Martín, I. y Maraver Eyzaguirre, F. 2006: "Estudio de los peloides de las termas de Copahué (Neuquén-Argentina), características y propiedades", *Boletín de la Sociedad Española de Hidrología Médica*, 21 (1), 9-13 <https://doi.org/10.23853/bsehm.2006.0466>.
- Armijo Castro, F. y Armijo Suárez, O. 2006a: "Propiedades físicas de los peloides españoles", *Anales de Hidrología Médica*, 1, 43-53.
- Armijo Castro, F. y Armijo Suárez, O. 2006b: "Curva de enfriamiento de los peloides españoles. Propiedades térmicas", *Anales de Hidrología Médica*, 1, 97-110.
- Armijo Castro, F. y Maraver Eyzaguirre, F. 2006: "Granulometría y textura de los peloides españoles", *Anales de Hidrología Médica*, 1, 79-96.
- Bailey, S. W. 1980: "Summary of recommendations of AIPEA nomenclature committee on clay minerals", *American Mineralogist*, 65, 1-7 <https://doi.org/10.1180/claymin.1980.015.1.07>.
- Beer, A. M., Fetaj, S. & Lange, U. 2013: "Peloid therapy. An overview of the empirical status and evidence of mud therapy", *Zeitschrift für Rheumatologie*, 72 (6), 581-589. <https://doi.org/10.1007/s00393-013-1144-7>.
- Bergaya, F. & Lagaly, G. 2006: "General Introduction: Clays, Clay Minerals, and Clay Science", en Bergaya, F., Theng, B. K. G. y Lagaly, G. (eds.): *Handbook of Clay Science*. Elsevier, Amsterdam, 1-18 [https://doi.org/10.1016/S1572-4352\(05\)01001-9](https://doi.org/10.1016/S1572-4352(05)01001-9).
- Canelas Galán, O.; Olabe Sánchez, P.; Ovejero Ovejero L. y Fernández Jaén, T. 2010: "Estudio prospectivo de 104 pacientes con gonartrosis sometidos a la cura terminal de Archena. Seguimiento a seis meses", *Boletín de la Sociedad Española de Hidrología Médica*, 25 (2), 73-74. <https://doi.org/10.23853/bsehm.2010.0432>.
- Carretero, M. I. 2002: "Clay minerals and their beneficial effects upon human health. A review", *Applied Clay Science*, 21 (3-4), 155-163. [https://doi.org/10.1016/S0169-1317\(01\)00085-0](https://doi.org/10.1016/S0169-1317(01)00085-0).
- Carretero León, M. I. 2005: "Propiedades de los minerales utilizados en medicina estética y balnearios", *Revista Científica de la Sociedad Española de Medicina Estética*, 5, 30-35.
- Carretero León, M. I.; Pozo, M.; Sánchez, C.; García, F. J.; Casas, J.; Medina, J. A. y Bernabé, J. M. 2006: "Cambios mineralógicos, físicos y físico-químicos en peloides de bentonitas madurados con agua de mar", *Macla. Revista de la Sociedad Española de Mineralogía*, 6, 131-133.
- Carretero León, M. I.; Pozo Rodríguez, M.; Pozo Martín, E.; Gómez Parrales, I.; Armijo Castro, F. y Maraver Eyzaguirre, F. 2010: "Caracterización física y físico-química de peloides españoles. Estudio de su variabilidad", *Macla. Revista de la Sociedad Española de Mineralogía*, 13, 61-62.
- Carretero, M. I., Gomes, C. S. F. & Tateo, F. 2006: "Clays and Human Health", en Bergaya, F., Theng, B.K.G. & Lagaly, G. (eds.): *Handbook of Clay Science*. Elsevier, Amsterdam, 717-741 [https://doi.org/10.1016/S1572-4352\(05\)01024-X](https://doi.org/10.1016/S1572-4352(05)01024-X).
- Carretero, M. I. y Pozo, M. 2007: *Mineralogía Aplicada. Salud y Medio Ambiente*. Ites-Paraninfo, Madrid.
- Carretero, M. I. & Pozo, M. 2009: "Clay and non-clay minerals in the pharmaceutical industry. Excipients and medical applications", *Applied Clay Science*, 46 (1), 73-80. <https://doi.org/10.1016/j.clay.2009.07.017>.
- Cerezo, M. del P.; Garcés, A.; Galindo, M. del M.; Viseras, C.; Yebra, A.; López, A. y Setti, M. 2005: "Fangos empleados en tratamientos terapéuticos y estéticos en balnearios españoles I: Composición mineral e hinchamiento", en *VII Congreso de la Sociedad Española de Farmacia Industrial y Galénica. Salamanca. Libro de Resúmenes*, 153-156. Disponible en http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/rehabilitacion-bal/cerezopm_garcesa_galindomm_viserasc_et_al.pdf. Acceso el 3 de abril de 2018.
- Corvillo Martín, I.; Morer Liñán, C.; Martín Megías, A. y Aguilera López, L. 2006: "Estudio analítico de las aguas minerales empleadas en la maduración de los peloides españoles", *Anales de Hidrología Médica*, 1, 119-133.
- Curini, R.; Dascenzo, G.; Fraioli, A.; Lagana, A.; Marino, A. & Messina, B. 1990: "Instrumental multiparametric study of the maturing of therapeutic muds of some Italian spas", *Thermochimica Acta*, 157 (2), 377-393. [https://doi.org/10.1016/0040-6031\(90\)80040-6](https://doi.org/10.1016/0040-6031(90)80040-6).
- Delgado, R.; Fernández-González, M. V.; Gámiz, E.; Martín García, J. M.; Márquez, R. y Delgado Calvo-Flores, G. 2011: "Evolución de la ultramicrofábrica de los peloides en el proceso de maduración", *Anales de Hidrología Médica*, 4, 81-91. https://doi.org/10.5209/rev_ANHM.2011.v4.38347.
- Espejo Antúnez, L.; Caro Puértolas, B.; Ibáñez Burgos, B.; Porto Payán, J. M. y Torres Piles, S. T. 2013: "Efectos de la terapia con peloides sobre el dolor percibido y la calidad de vida relacionada con la salud en pacientes con artrosis de rodilla", *Reumatología Clínica*, 9 (3), 156-160. <https://doi.org/10.1016/j.reuma.2012.09.005>.
- Fernández García, V. 2017: "Biotapetes de manantiales mineromedicinales: aplicaciones en dermatología y cosmética", *Revista Complutense de Ciencias Veterinarias*, 11 (especial), 227-234. <https://doi.org/10.5209/RCCV.55678>.
- Fernández González, M. V. 2010: *Proceso de maduración de peloides con fase líquida de las principales aguas minerales y mineromedicinales de la provincia de Granada*, tesis doctoral, Universidad de Granada, Granada (España).

- Fernández-González, M. V.; Gámiz, E.; Martín-García, J. M. y Márquez, R. 2011: "Comportamiento térmico de peloides preparados con aguas mineromedicinales del Balneario de Lanjarón. Efecto del tiempo de maduración", *Anales de Hidrología Médica*, 4, 93-105. https://doi.org/10.5209/rev_ANHM.2011.v4.38348
- Fernández Torán, M. A. 2014: *Propiedades físico-química de materiales susceptibles de ser utilizados en la preparación de peloides*, tesis doctoral, Universidad Complutense de Madrid, Madrid (España).
- Floor Anthoni, J. "The chemical composition of seawater". Disponible en www.seafriends.org.nz/oceano/seawater.htm. Acceso el 23 de junio de 2006.
- García Romero, E. y Suárez Barrios, M.: "Las arcillas: Propiedades y usos". Disponible en: <http://campus.usal.es/~delcien/doc/GA.PDF>. Acceso en: 3 de abril de 2018.
- Gomes, C.; Carretero, M. I.; Pozo, M.; Maraver, F.; Cantista, P.; Armijo, F.; Legido, J. L.; Teixeira, F.; Rautureau, M. & Delgado, R. 2013: "Peloids and pelotherapy: Historical evolution, classification and glossary", *Applied Clay Science*, 75-76, 28-38. <https://doi.org/10.1016/j.clay.2013.02.008>.
- Gómez Pérez, C. P. 2012: *Aspectos físicos de los peloides para aplicación en termoterapia*, tesis doctoral, Universidad de Vigo, Vigo (España).
- Gómez Pérez, C. P.; Mourelle Mosqueira, M. L.; Medina Filgueira, C.; Salgado González, M. P.; Baz, S. y Arribas, M. 2011: "Estudio del comportamiento viscoso de peloides termales", en *Anales de Hidrología Médica*, 4, 107-116.
- Hernández Torres, A. 1997: *Niveles urinarios de los productos de peroxidación lipídica: acción antioxidante en el organismo humano del tratamiento crenoterápico con aguas sulfuradas y peloides*, tesis doctoral, Universidad Complutense de Madrid, Madrid (España) <https://doi.org/10.23853/bsehm.1998.0535>.
- Hernández Torres, A.; Ramón Jiménez, J. R.; Cuenca Giralde, E. y Márquez Montes, J. 1998: "Acción antioxidante en el organismo humano del tratamiento crenoterápico con aguas sulfuradas y peloides en relación con las vías de administración utilizadas", *Boletín de la Sociedad Española de Hidrología Médica*, 13 (1), 27-40. <https://doi.org/10.23853/bsehm.1998.0535>
- Hernández Torres, A.; Ramón Giménez, J. R.; Martell Claros, N.; Cuenca Giralde, E. y Márquez Montes, J. 2000: "Resultados de la acción crenoterápica con aguas sulfuradas y peloides y otras medidas no farmacológicas sobre la tensión arterial en el balneario", *Boletín de la Sociedad Española de Hidrología Médica*, 15 (1), 35-46. <https://doi.org/10.23853/bsehm.2000.0518>
- Igual Camacho, C.; Rodes Sala, J.; Peris Sanchís, M. R. y Estévez Fuertes, N. 2001: "Estudio sobre el parafango", *Fisioterapia*, 23 (2), 60-65. [https://doi.org/10.1016/S0211-5638\(01\)72934-3](https://doi.org/10.1016/S0211-5638(01)72934-3).
- Jiménez Salas, J. A. y De Justo Alpañes, J. L. 1975: *Geotecnia y cimientos. Propiedades de los suelos y de las rocas*, editorial Rueda, I, Madrid.
- Legido Soto, J. L.; Mourelle Mosqueira, M. L.; Meijide-Failde, R. y Medina Filgueira, C. 2006: "Caracterización termofísica de peloides para usos en medicina termal", en Ortiz de Zárate Leiva, J. M. y Khayet Souhaimi, M. (eds.): *La investigación del Grupo Especializado de Termodinámica de las Reales Sociedades Españolas de Física y de Química*, Real Sociedad Española de Física, 3, Madrid, 18-26.
- Legido Soto, J. L.; Mourelle Mosqueira, M. L.; Medina Filgueira, C. y Gómez Pérez, C. P. 2009: "Caracterización termofísica de peloides termales", *Investigación: cultura, ciencia y tecnología*, 1, 24-33.
- López Silva, M. del C. 2006: *Ingesta de aguas bicarbonatadas sódicas y su efecto sobre la presión arterial en personas adultas*, tesis doctoral, Universidade da Coruña, A Coruña (España).
- Maraver Eyzaguirre, F.; Armijo, F.; Aguilera López, L. y Martín Megías, A. I. 2004: *Vademécum de Aguas Mineromedicinales españolas*, Instituto de Salud Carlos III, Madrid.
- Maraver Eyzaguirre, F. 2006: "Antecedentes históricos de la peloterapia", *Anales de Hidrología Médica*, 1, 17-42.
- Martín Cordero, J. E. 2008: *Agentes físicos terapéuticos*, Ciencias Médicas, La Habana.
- Martínez, I. 2003: "Termodinámica del agua", *Revista de Aerodinámica y Astronáutica*, 366, 11-21.
- Martínez Casas, L.; Gómez Pérez, C. P.; Mourelle Mosqueira, M. L.; Romaní Martínez, L.; Bessièrès, D. y Legido Soto, J. L. 2011: "Avances en el estudio termofísico de peloides termales para usos terapéuticos y cosméticos", en Rodríguez Delgado, Y., Trenzado Diepa, J. L. (coords.): *La investigación del Grupo Especializado de Termodinámica de las Reales Sociedades Españolas de Física y Química*, Madrid, 5, 153-160.
- Martínez Guillamón, M. del R.; Abellán Huerta, J.; Leal Hernández, M.; Gómez Jara, P.; Ortín Ortín, E. J. y Abellán Alemán, J. 2013: "Influencia de la balneoterapia sobre la presión arterial. Estudio Balneotens", *Hipertensión y riesgo vascular*, 30 (3), 86-91. <https://doi.org/10.1016/j.hipert.2013.04.002>
- Meijide-Failde, R.; Teijeiro Vidal, J.; Salgado Somoza, T. y Llanes Gómez, A. J. 2010: "Aplicación de tres peloides 'extemporáneos' en piel sana y evaluación de sus efectos a través de métodos de bioingeniería cutánea", *Boletín de la Sociedad Española de Hidrología Médica*, 25 (2), 75. <https://doi.org/10.23853/bsehm.2010.0435>

- Meijide Faílde, R. y Mourelle Mosqueira, M. L.** 2006: "Afecciones dermatológicas y cosmética dermotermal", en *Técnicas y tecnologías en Hidrología médica e Hidroterapia. Informe de Evaluación de Tecnologías Sanitarias*, 50, Agencia de Evaluación de Tecnologías Sanitarias (AETS)-Instituto de Salud Carlos III-Ministerio de Sanidad y Consumo, Madrid, 175-194.
- Mourelle Mosqueira, M. L.** 2006: *Caracterización termofísica de peloides para aplicaciones termoterapéuticas en centros termales*, tesis doctoral, Universidad de Vigo, Vigo (España).
- Mourelle Mosqueira, M. L.; Medina Filgueira, C.; Meijide-Faílde, R. y Legido Soto, J. L.** 2007: "Comportamiento termofísico de los peloides", *Boletín de la Sociedad Española de Hidrología Médica*, 22 (1), 14-21. <https://doi.org/10.23853/bsehm.2018.0456>
- Mourelle Mosqueira, M. L.; Gómez Pérez, C. P.; Medina Filgueira, C. y Legido Soto, J. L.** 2010: "Características de peloides extemporáneos elaborados con distintas aguas minero medicinales", *Boletín de la Sociedad Española de Hidrología Médica*, 25 (2), 72. <https://doi.org/10.23853/bsehm.2010.0431>
- Oliva López, M. y Díaz Cintra, J. M.** 2014: "Aplicación de peloidoterapia en enfermedades del sistema osteomioarticular. Programa de capacitación", *Revista de Información Científica*, 86 (4), 592-602.
- Perea Horno, M. A.** 2010: "Técnicas de aplicación de chorros en afecciones artrósicas de miembros inferiores siguiendo la trayectoria de los meridianos de acupuntura de la medicina tradicional china", *Boletín de la Sociedad Española de Hidrología Médica*, 25 (2), 59-61. <https://doi.org/10.23853/bsehm.2010.0427>
- Perea Horno, M. A.** 2014: "Historia de la peloterapia", en Hernández Torres, A. (coord.): *Peloterapia: aplicaciones médicas y cosméticas de fangos termales*. Fundación Bilibis para la investigación e innovación en Hidrología Médica y Balneoterapia, Calatayud, 47-53.
- Porlezza, C.** 1965: "Considerazione sui fanghi terapeutici (peloidi)", *Thermae*, 2 (2-3), 6-57.
- Pozo Martín, E.** 2013: *Interacción entre materiales arcillosos y aguas minerales en la preparación de peloides: análisis y evaluación de sus efectos en la salud humana*, tesis doctoral, Universidad Autónoma de Madrid, Madrid (España).
- Rodríguez Ramírez, R.; Machado Pineda, M.; Cabrera Salazar, J.; González Quiala, J. y González Tuero, H.** 2004: "Peloidoterapia en las heridas quirúrgicas infectadas", *MEDISAN*, 8 (3), 32-38.
- Rosino, J.** 2009: "Caracterización de las aguas minero medicinales. Aplicación a las Aguas Españolas", ponencia presentada en el Congreso Nacional de la Sociedad Española de Hidrología Médica, Ourense.
- Rosino Rosino, J. M.** 2015: *Características físicas de peloides extemporáneos constituidos por mezclas de montmorillonita y zeolita con agua tridestilada y agua marina*, tesis doctoral, Universidad de Vigo, Vigo (España) <https://doi.org/10.23853/bsehm.2010.0428>.
- San Martín Bacaicoa, J.** 1994: "Peloides en general. Características físicas, efectos biológicos e indicaciones terapéuticas", en Armijo, M. y San Martín, J. (ed.): *Curas balnearias y climáticas: Talasoterapia y Helioterapia*, Editorial Complutense, Madrid.
- Sánchez, L. y Fagundo, J. R.** 2000: *Peloides. I Curso Básico Nacional de Termalismo y Turismo de Salud*. IPAT. Panamá, disponible en <http://www.fagundojr.com/documentos/Conferencias%20de%20Fagundo%20sobre%20Termalismo.pdf>. Acceso el 10 de abril de 2015.
- Sánchez, C. J., Parras, J. & Carretero, M. I.** 2002: "The effect of maturation upon the mineralogical and physicochemical properties of illitic-smectitic clays for pelotherapy", *Clay Minerals*, 37 (3), 457-463. <https://doi.org/10.1180/0009855023730045>.
- Sremcevic, N. & Jokic, A.** 2012: "State of the art in Serbia Health Resort Medicine", *Anales de Hidrología Médica*, 5 (2), 131-136. http://dx.doi.org/10.5209/rev_ANHM.2012.v5.n2.40194.
- Suárez Barrios, M.** 2010: "Avances en Cristalografía de Filo-silicatos", *Macla. Revista de la Sociedad Española de Mineralogía*, 13, 27-29.
- Suárez Muñoz, M. y Fagundo Castillo, J. R.** 2000: "Papel del agua mineral en el organismo y características terapéuticas de las aguas minerales", disponible en http://www.sld.cu/sitios/mednat/docs/aguas_minerales.pdf. Acceso el 3 de abril de 2018.
- Tateo, F. & Summa, V.** 2007: "Element mobility in clays for healing use", *Applied Clay Science*, 36 (1-3), 64-76. <https://doi.org/10.1016/j.clay.2006.05.011>
- Trinchet, E.** "Los fangos mineromedicinales. Experiencia de su utilización en Cuba", disponible en <http://www.hvil.sld.cu>. Acceso en 2005.
- Tserenpil, S.; Dolmaa, G., & Voronkov, M. G.** 2010: "Organic matters in healing muds from Mongolia", *Applied Clay Science*, 49 (1-2), 55-63. <https://doi.org/10.1016/j.clay.2010.04.002>.
- Vela Iglesias, M. L.** 2017: *Estudio del tratamiento crenoterápico de la gonartrosis en el balneario de Lanjarón*, tesis doctoral, Universidad Complutense de Madrid, Madrid (España).
- Viseras Iborra, C. y Cerezo González, P.** 2006: "Aplicación de peloides y fangos termales", en Hernández Torres, A. (coord.): *Técnicas y tecnologías en Hidrología médica e Hidroterapia. Informe de Evaluación de Tecnologías Sanitarias*. Agencia de Evaluación de Tecnologías Sanitarias (AETS)-Instituto de Salud Carlos III-Ministerio de Sanidad y Consumo, Madrid, 141-146.

Análise da relação entre a paisagem e a hidrogeoquímica da bacia hidrográfica do rio Moju, Amazônia Oriental-Brasil

Analysis of the relationship between landscape and hydrogeochemistry of the Moju river basin, Eastern Amazon-Brazil

Aline Maria Meiguins de Lima

Universidad Federal de Pará

Pará, Brasil

ameiguins@ufpa.br

 <https://orcid.org/0000-0002-0594-0187>

José Augusto Martins Corrêa

Universidad Federal de Pará

Pará, Brasil

jamc@ufpa.br

 <https://orcid.org/0000-0002-6179-6159>

Letícia Magalhães da Silva

Universidad Federal de Pará

Pará, Brasil

leticia.magalhaes@live.com

 <https://orcid.org/0000-0003-0504-956X>

Susane Cristini Gomes Ferreira

Universidad Federal de Pará

Pará, Brasil

susane_cristini@hotmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-8869-4144>

Información del artículo:

Recibido: 11 noviembre 2019

Revisado: 31 mayo 2020

Aceptado: 9 junio 2020

ISSN 2340-8472

ISSNe 2340-7743

DOI 10.17561/AT.17.5041

 CC-BY-SA

© Universidad de Jaén (España).

Seminario Permanente Agua, Territorio y Medio Ambiente (CSIC)

RESUMO

A bacia do rio Moju (Amazônia Oriental-Brasil) foi avaliada considerando os elementos formadores da paisagem (bio-físicos e de uso da terra) e seu reflexo na qualidade das águas. O período de análise correspondeu a um ciclo hidrológico completo, com a avaliação espacial das formas de uso e cobertura da terra e caracterização dos componentes hidrogeomorfológicos estruturantes. Os resultados indicaram a associação do efeito natural responsável pelo padrão de águas cloretadas-sódicas com as possíveis intervenções geradas pela expansão da cultura do dendê no Médio Moju e com o processo de ocupação territorial no Alto Moju. O Baixo Moju se destaca pela proximidade com a Região Metropolitana de Belém, tornando a bacia de maneira integral vulnerável quanto à pressão antrópica sobre as águas superficiais.

PALAVRAS-CHAVE: Recursos hídricos, Qualidade das águas, Hidrogeomorfologia, Bacia do rio Moju, Brasil.

ABSTRACT

The Moju river basin was evaluated considering the landscape forming elements (bio-physical and land use) and their reflection on water quality. The analysis period corresponded to a complete hydrological cycle, with the spatial evaluation of land use and land cover and its hydrogeomorphological components. The results showed the association of the natural effect responsible for the sodium-chloride water pattern and the possible interventions generated by the expansion of palm oil production in the Middle Moju and the territorial occupation process in High Moju. Low Moju stands out for its proximity to the Belém Metropolitan Region, making the basin fully vulnerable to anthropogenic pressure on surface waters.

KEYWORDS: Water resources, water quality, hydrogeomorphology, Moju river basin, Brazil.

Análisis de la relación entre paisaje y la hidrogeoquímica de la cuenca del río Moju, Amazonia Oriental, Brasil

RESUMEN

La cuenca del río Moju (Amazonia Oriental-Brasil) fue evaluada considerando los elementos que forman el paisaje (bio-físico y uso de la tierra) y su reflexión sobre la calidad del agua. El análisis correspondió a un ciclo hidrológico, con evaluación espacial del uso y cobertura del suelo y caracterización de componentes hidrogeomorfológicos estructurantes. Según los resultados, la asociación del efecto natural responsable del patrón de agua clorada y sódica con las posibles intervenciones generadas por la expansión de la producción de aceite de palma en el medio de Moju y del proceso de ocupación territorial en Alto Moju. Se destaca el Bajo Moju por su proximidad a la Región Metropolitana de Belém, lo que hace que la cuenca sea completamente vulnerable a la presión antropogénica en las aguas superficiales.

PALABRAS CLAVE: Recursos hídricos, Calidad del agua, Hidrogeomorfología, Cuenca del río Moju, Brasil.

Analyse de la relation entre le paysage et l'hydrogéochimie dans le bassin du fleuve Moju, Amazonie orientale, Brésil

RÉSUMÉ

le bassin de la rivière Moju (Amazonie orientale - Brésil) a été évalué en tenant compte des éléments qui forment le paysage (biophysique et utilisation des terres) et de sa réflexion sur la qualité de l'eau. L'analyse correspondait à un cycle hydrologique, avec une évaluation spatiale de l'utilisation et de la couverture des terres et la caractérisation des éléments structurants de l'hydrogéomorphologie. Selon les résultats, l'association de l'effet naturel responsable du schéma des eaux chlorées et sodiques avec les interventions possibles générées par l'expansion de la production d'huile de palme dans l'environnement de Moju et le processus d'occupation des terres dans l'Alto Moju. Le Bas Moju se distingue par sa proximité avec la région métropolitaine de Belém, ce qui rend le bassin complètement vulnérable à la pression anthropique sur les eaux de surface.

MOTS-CLÉS: Ressources en eau, Qualité de l'eau, Hydrogéomorphologie, Bassin du fleuve Moju, Brésil.

Analisi del rapporto tra paesaggio e idrogeochimica nel bacino del fiume Moju, Amazzonia orientale, Brasile

SOMMARIO

il bacino del fiume Moju (Amazzonia Orientale-Brasile) è stato valutato considerando gli elementi che formano il paesaggio (uso biofisico e del suolo) e la sua riflessione sulla qualità dell'acqua. L'analisi corrispondeva ad un ciclo idrologico, con valutazione spaziale dell'uso del suolo e della copertura e caratterizzazione dei componenti di strutturazione idrogeomorfologica. Secondo i risultati, l'associazione dell'effetto naturale responsabile del modello di acqua clorurata e sodica con i possibili interventi generati dall'espansione della produzione di olio di palma nell'ambiente Moju e dal processo di occupazione del suolo nell'Alto Moju. Il Basso Moju si distingue per la sua vicinanza alla regione metropolitana di Belém, che rende il bacino completamente vulnerabile alla pressione antropica sulle acque superficiali.

PAROLE CHIAVE: Risorse idriche, Qualità dell'acqua, Idrogeomorfologia, Bacino del fiume Moju, Brasile.

Introdução

Mudanças ocorridas no uso e cobertura da terra através dos anos têm gerado impactos nos sistemas ecológicos e na qualidade das águas. A ação antropogênica se reflete na inter-relação dos componentes bióticos e abióticos dos ecossistemas existentes em uma bacia hidrográfica, podendo gerar uma heterogeneidade na paisagem com velocidade acima daquela em que naturalmente ocorreria, tornando necessária a avaliação das interações entre os diferentes atores sociais e econômicos que representam a bacia, sempre considerando as implicações ambientais¹.

Os corpos hídricos que formam as bacias hidrográficas são escoadouros naturais das áreas de drenagem, justificando a presença de componentes de origem natural e antrópica². A relação entre o levantamento dos usos da terra e a composição geoquímica das águas dos rios é de extrema importância para a compreensão das mudanças ocorridas em decorrência das diferentes formas do uso em questão, que influenciam na qualidade das águas³.

Estas mudanças desencadeiam processos como erosão, transporte de sedimentos e de elementos químicos bio-ativos (carbono, nitrogênio e fósforo)⁴. Portanto, as atividades antrópicas alteram significativamente a composição das águas —física, química e biologicamente— podendo ser prejudicial ao uso presente e futuro desse recurso natural.

Para ilustrar, há estudos que verificam a influência da vegetação natural remanescente e de atividades agrícolas na qualidade de quatro nascentes e, a partir daí, percebeu-se que as características do solo, seus diferentes usos e os períodos de amostragem tiveram reflexos nos resultados obtidos⁵, bem como a participação da estrutura química de rochas e solos na composição das águas de duas bacias hidrográficas de características rural e urbana⁶.

Na região Amazônica foram avaliadas⁷ as águas do rio Madeira, e seus principais tributários entre a cidade de Humaitá e sua foz no rio Amazonas, tendo sido verificado que a interação vegetação-solo-rocha é a causa da heterogeneidade química dessas águas. Em uma análise da dinâmica do uso da terra e da configuração da paisagem em três microbacias do nordeste do estado do Pará (Brasil), em antigas áreas de colonização de

base econômica familiar, os autores concluíram que as pastagens representam o padrão dominante de uso da terra, com impacto direto nas águas superficiais e subterrâneas⁸.

As modificações sofridas pela floresta amazônica para a implantação de atividades agropecuárias têm alterado a ciclagem de nutrientes e de carbono na Amazônia e, consequentemente, a qualidade da água, pois influenciam nos processos hidrológicos e biogeoquímicos atuantes⁹.

A bacia do rio Moju (Pará-Brasil) torna-se um exemplo de aplicação, pois está localizada em uma região que marca a faixa de transição entre a borda de floresta Amazônica e o estuário-foz do rio Amazonas, cuja dinâmica de uso da terra se aproxima mais daquelas observadas nas bacias que drenam o nordeste paraense e o rio Tocantins.

Em termos político-administrativos compõe as Mesorregiões do Nordeste e Sudeste Paraense, com uma delimitação mais específica definindo-a como pertencente as Microrregiões de Cametá, Tomé-Açu e Tucuruí. Esta é considerada como o principal polo de expansão da cultura do dendezeiro (*Elaeis guineensis*) devido às favoráveis condições edafoclimáticas, disponibilidade de área, logística e também por contar com uma cadeia produtiva com bom avanço no processo de estruturação¹⁰.

O plantio de dendê ganhou destaque devido à palmeira estar entre as melhores para a produção do biocombustível por sua composição, alta produtividade, baixo custo, produção distribuída ao longo de todo o ano, oferta regular e crescente, além de destinar-se a áreas distintas de produção, não competindo com outros cultivos alimentares. Ademais, os óleos de palma e de palmiste extraídos do dendezeiro também estão presentes na indústria alimentícia, de higiene e de limpeza e nas químicas¹¹.

A cultura do dendê vem sendo alvo de críticas sob o argumento de provocar efeitos prejudiciais à biota e uma intensa fragmentação da paisagem¹². A bacia hidrográfica do rio Moju, que tem destaque na produção de dendê no estado, serve como um instrumento aferidor das possíveis implicações produzidas nos recursos hídricos locais.

A expansão das atividades agropecuárias para áreas ripárias nas bacias amazônicas tem resultado

¹. Sanson e Hernández, 2018

². Toledo e Nicolella, 2002

³. Chapman et al, 2016

⁴. Conley et al, 2009; Wang et al, 2014

⁵. Donadio et al, 2005

⁶. Moura et al, 2010

⁷. Horbe et al, 2013

⁸. Watrin et al, 2009

⁹. Davidson et al, 2004

¹⁰. Santos et al, 2014

¹¹. Bentes e Homma, 2016

¹². Nahum e Santos, 2013; Nahum e Santos, 2016

em redução da qualidade da água, haja vista que a presença de matas ciliares influencia no processo de controle da erosão, na dinâmica de nutrientes e na manutenção quantitativa de água para seu uso múltiplo¹³.

Os estudos hidrogeoquímicos merecem destaque nesta abordagem, pois altos níveis de contaminação por metais pesados, como cromo, cobre, zinco e chumbo, representam risco extremo para a população que faz uso destas águas e são capazes de causar a deterioração do equilíbrio físico e químico, com interferência direta na cadeia alimentar, levando a alterações fisiológicas e morfológicas dos organismos aquáticos¹⁴.

Tais fatores também estão relacionados ao comportamento hidrológico das bacias hidrográficas, considerando-se variações temporais e espaciais vinculadas, como por exemplo, a dependência sazonal do regime hídrico, a distribuição da precipitação pluviométrica, os padrões de cobertura da terra, o efeito topográfico, a variabilidade do comportamento geológico e, se houver, a influência das águas subterrâneas¹⁵.

Logo, a heterogeneidade do padrão da qualidade das águas amazônicas advém da associação entre suas características naturais (envolvendo aspectos geológicos e de cobertura de solos) e hidrodinâmicas (águas superficiais, subterrâneas e contribuição direta das chuvas), influenciadas pela variabilidade das formas de uso da terra¹⁶.

A análise da relação entre a hidrogeoquímica e as formas de uso da terra em bacias hidrográficas fluviais constitui objeto do presente estudo, tendo como unidade de referência, a bacia hidrográfica do rio Moju, que representa um padrão de transição, com a mudança da cobertura vegetal original para o sistema de produção extrativista e agropecuário, além de sofrer influência direta do regime vinculado ao estuário-foz do rio Amazonas.

Material e métodos

A BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MOJU

A bacia hidrográfica do rio Moju localiza-se no nordeste do estado do Pará, compondo a Região Hidrográfica Costa Atlântica Nordeste, conforme Resolução n. 04/2008 do Conselho Estadual de Recursos Hídricos.

Em termos político-administrativos faz parte das Mesorregiões do Nordeste e Sudeste Paraense, que agrupam as Microrregiões de Cametá, Tomé-Açu e Tucuruí (Mapa 1) e, segundo seus marcos topográficos de maior variabilidade, encontra-se compartimentada em três setores: Alto Moju - incluída a sub-bacia do Igarapé Marmorana Grande, Médio Moju abrangendo a sub-bacia do rio Cairari e Baixo Moju - juntamente com a sub-bacia do rio Ubá. A segmentação delineada auxilia a avaliação do comportamento hidroquímico das águas, uma vez que isola o Baixo Moju como a área de influência de marés e vulnerável aos efeitos do antropismo decorrentes da proximidade com a Região Metropolitana de Belém.

A bacia do rio Moju é formada por duas unidades geológicas distintas: a bacia sedimentar do Marajó e uma porção do Cinturão Araguaia, representada pelo Grupo Baixo Araguaia; a estrutura tectônica delineada pela rede de drenagem da bacia do rio Moju, demonstra a influência da configuração NW/NNW e NE/ENE da bacia do Marajó¹⁷. O Cinturão Araguaia está representado pelo Grupo Baixo Araguaia/Formação Pequizero, este consiste de um conjunto de rochas metassedimentares como quartzito, talco xisto, filito e talcoxisto¹⁸.

A bacia do Marajó é limitada a oeste pelo Arco de Gurupá, a norte pela Bacia da Foz do Amazonas, a leste pela região Marajó Setentrional e a sul pelo Cinturão Orogênico Araguaia (Neoproterozóico), seu preenchimento compreende um pacote de rochas sedimentares depositado desde o Eocretáceo até o Recente¹⁹.

O contexto sedimentar da bacia do rio Moju é marcado pelos Grupos Itapecuru (argilito siltoso, siltito argiloso, arenito quartzoso muito fino a fino) e Barreiras (fácies carbonáticas - biocalcitruditos, margas, calcilitos e biohermitos, rochas mistas carbonático-siliciclásticas; e fácies siliciclásticas - argilitos verdes a negros e de amarelados a avermelhados, geralmente laminados, arenitos estratificados e conglomerados sustentados por matriz areno-argilosa); compondo também a Formação Ipixuna (argilitos caulínicos e arenitos finos a grossos, originada em ambiente flúvio-lacustre e fluvial e estuarino) e os Sedimentos Pós-Barreiras²⁰.

¹³. Kato et al, 2004; Figueiredo, 2009; Ríos-Villamiza et al, 2014

¹⁴. Konzen et al, 2015

¹⁵. Desta e Lemma, 2017; Hanna et al, 2018

¹⁶. Miranda et al, 2009; Gorayeb et al, 2010; Ríos-Villamiza et al, 2011; Ríos-Villamiza et al, 2014; Silva et al, 2016

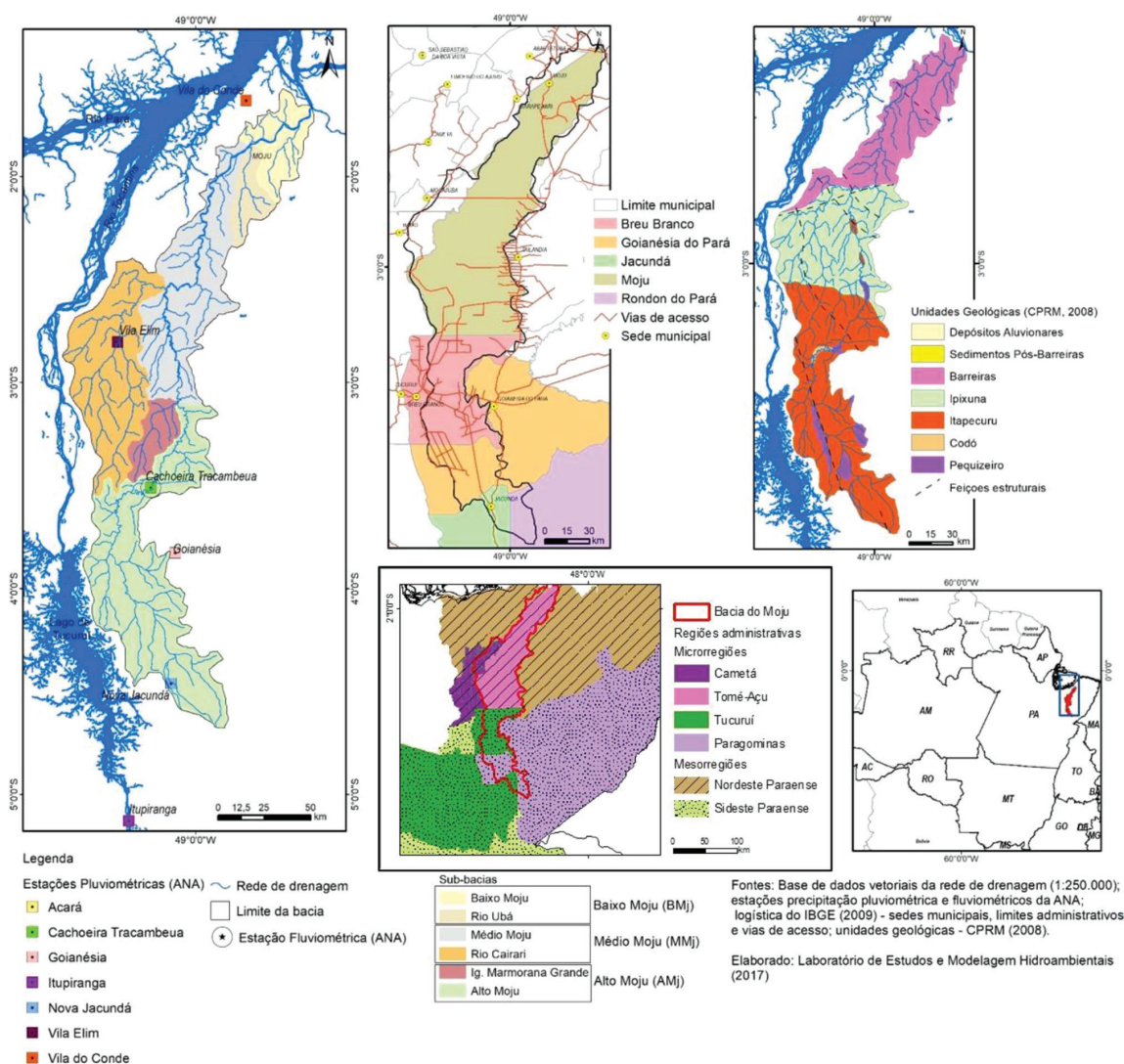
¹⁷. Vasquez e Rosa-Costa, 2008

¹⁸. Macambira e Ricci, 2013

¹⁹. Soares Jr. et al, 2008

²⁰. Santos Junior e Rossetti, 2003; Rossetti, 2006; Vasquez e Rosa-Costa, 2008; Corrêa-Martins et al, 2018

Mapa 1. Localização da Bacia Hidrográfica do rio Moju - PA: aspectos gerais, geológicos e hidrográficos.



Fonte: Elaborada pelos autores a partir da base cartográfica estruturada em SIG (Sistema de Informação Geográfica).

SISTEMA BASE DE INFORMAÇÕES

Na elaboração dos documentos adotados para a caracterização da bacia do rio Moju, e sistematizados segundo um Sistema de Informação Geográfica (SIG) estruturado para o trabalho, foram utilizados:

1. Divisão hidrográfica e rede de drenagem oriundas do sistema de codificação OttoBacias, da Agência Nacional de Águas (ANA), na escala 1:250.000, disponibilizada no Sistema Nacional de Informações Sobre Recursos Hídricos (SINGRH), do Governo Federal do Brasil.
2. Modelo digital de elevação extraído da base disponibilizada pela Agência Espacial Norte-Americana (NASA), oriundo da Missão *Topográfica Radar Shuttle* (SRTM), resolução de 30 metros.
3. Mapa de unidades geomorfológicas elaborado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

(IBGE), na escala 1:250.000.

4. Mapa de unidades geológicas gerado pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) do Brasil, na escala 1:1.000.000.
5. Dados hidrometeorológicos: disponibilizados pela ANA na mesma plataforma do SINGRH, referentes a estação pluvio/fluviométrica Cachoeira Tracambeua (código - 3102000; período - 1982 a 2015; chuva, vazão, cotas); e as estações pluviométricas de Vila do Conde (código - 00148011; período - 1981 a 2014), Vila Elim (código - 00249002; período - 1981 a 2014), Goianésia (código - 00349002; período - 1986 a 2014) e Nova Jacundá (código - 00449001; período - 1995 a 2014). A escolha dos períodos de análise foi vinculada a melhor consistência registrada dos dados.
6. Cartas de uso e cobertura da terra, projeto Terra-Class (anos 2010, 2014), do Instituto Nacional de

Pesquisas Espaciais (INPE)/Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA)²¹.

7. E mosaico global, PALSAR-2/PALSAR SAR (2017) vinculado ao Mapa Global Floresta/Não Floresta (FNF), com resolução de 25 metros²².

A representação adotada simplificou o produto TerraClass, agrupando como “Áreas Alteradas” as classes de uso da terra (agricultura anual, pasto (com solo exposto, limpo, sujo, regeneração com pasto), área urbana, mosaico de ocupações, mineração); como “Áreas Mistas” as categorias denominadas como “Outros” e “Área Não Observada”, pela falta de definição das mesmas; e mantendo as unidades “Floresta”, “Vegetação Secundária” e “Reflorestamento”.

O produto FNF apresenta somente a categoria “Floresta”, definida como a floresta natural com área maior que 0,5 hectares e cobertura florestal acima de 10%²³; indicando as demais como “Não Floresta”, neste caso também denominada como “Áreas Alteradas”.

CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA

A análise morfométrica da rede de drenagem utilizou como base os conceitos apresentados em trabalhos referência²³, adotando os elementos descritivos de: Perímetro (P), Área (A), Comprimento do maior canal (Cl), Comprimento total dos canais (Lu), Número total dos canais (Nu), Variação altimétrica (altitude máxima - mínima) e Diâmetro do círculo de área igual à da bacia (Dc). E calculados: Índice de forma equivalente (Kc ; $Kc = 0,282P/A^{0,5}$); Razão de Circularidade (Rc ; $Rc = 12,57[A/P^2]$); Densidade de drenagem (Dd Km/Km^2 ; $Dd = (\Sigma Lu)/A$); Coeficiente de manutenção (Cm km/m ; $Cm = A/Lu$); Relação de alongação (Re ; $R = Dc/Cl$); Frequência de canais (Fs n/km^2 ; $Fs = Nu/A$); Textura topográfica (Tt ; $Tt = 100,219649 + 1,115 \log Dd$); e Extensão do percurso superficial (Eps km ; $Eps = 1/2Dd$).

ANÁLISE QUALITATIVA DAS ÁGUAS

Foram definidos 35 pontos equidistantes para coleta de amostragem de água, distribuídos no Alto, Médio e Baixo Moju (Mapa 2). A amostragem teve por base os critérios de: dimensão da bacia - baixo, médio e alto curso; diversidade de ambientes (florestal, áreas agríco-

las, áreas urbanas); e representatividade amostral, com uma distribuição mais regular e representativa de cada segmento de curso d'água. A análise do mosaico de uso e cobertura da terra foi base para a definição da amostragem e de sua espacialização.

As coletas de água foram realizadas em setembro de 2015 (período menos chuvoso) e março de 2016 (período mais chuvoso) em pontos distribuídos ao longo da bacia. Para cada coleta foi determinado em campo, em amostras não filtradas, as seguintes variáveis físico-químicas e organolépticas: pH, condutividade elétrica (CE), sólidos totais dissolvidos e temperatura.

Os procedimentos adotados para preservação das amostras e metodologia de análise obedeceram aos critérios e rotinas já adotados e sistematizados pelo Laboratório de Análises Químicas da Universidade Federal do Pará, com base no “*Standard Methods for the Examination for Water and Wastewater*”²⁴. Para a determinação da concentração dos principais cátions e ânions, em amostras filtradas em membrana de 0,45 μm , foi utilizada a cromatografia iônica. O equipamento utilizado foi um cromatógrafo de íons Dionex-DX120.

Para a análise de cátions utilizou-se coluna catiônica (CSRS ULTRA-CS12A Dionex), eluente 20Mm MSA (Ácido Metanosulfônico) e fluxo 1,0 $mL\ min^{-1}$; dos ânions foi adotada uma coluna aniônica (ASRS ULTRA-AS14 Dionex), como eluente a solução 3,5 $mM\ Na_2CO_3/1,0\ mM\ NaHCO_3$ e fluxo 1,2 $mL\ min^{-1}$.

Os softwares utilizados para o tratamento dos dados hidroquímicos foram: *Statistica 7* para elaboração de estatística (estatística básica e distribuição sequencial); e *AquaChem 3.70* para análise dos dados hidroquímicos (diagramas de caracterização e classificação das águas: *Stiff e Piper*).

Resultados e discussão

Como parte dos produtos gerados pela base cartográfica sistematizada em SIG, e que compõe a análise morfométrica elaborada para a bacia do rio Moju, é apresentada sua caracterização em unidades de relevo²⁵, segundo as associações individualizadas e que melhor descrevem sua dinâmica.

Observa-se que se trata de uma bacia de 5ª ordem (segundo a escala de análise 1:250.000), com tendência ao escoamento, tanto pelo domínio do padrão treliça-pa-

²¹. Almeida et al, 2016

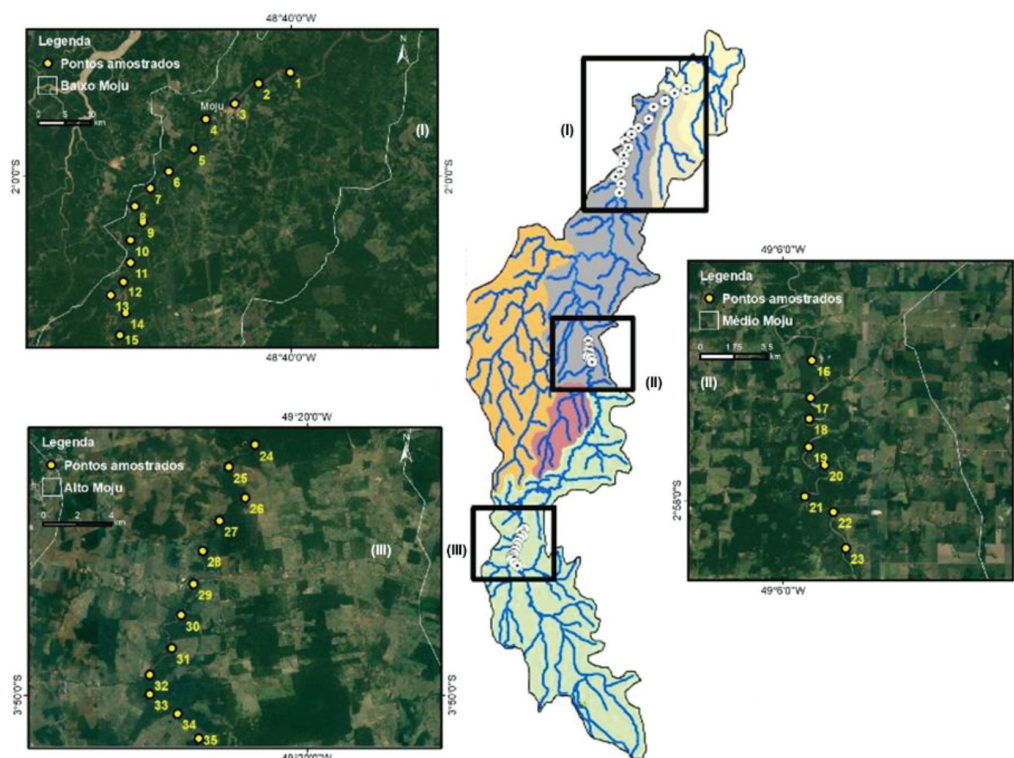
²². Masanobu Shimada et al, 2014

²³. Christofolletti, 1980; Pareta e Pareta, 2012

²⁴. APHA, 1995

²⁵. Ross, 1992; IBGE, 2009

Mapa 2. Identificação dos locais de amostragem.



Fonte: Imagens Maxar Technologies, Google Earth Pro.

ralelo, quanto pelas relações observadas entre seus coeficientes morfométricos. Onde são destacadas as formas em dissecação convexa e tabulares, pediplanos e áreas de acumulações de planície fluvial e de inundação²⁶. As maiores altitudes encontram-se no Alto Moju, sendo superiores a 260 m; e as menores na sua foz com os rios Acará e Guamá (Mapa 3).

O padrão alongado da bacia gera formas de relevo de dissecação formadas por vertentes convexas, topos tabulares e vales abertos. Próximo à foz o vale se torna mais expressivo (aberto) e aparecem formas arredondadas, onde se observa uma maior largura da planície de inundação.

As unidades de relevo caracterizadas foram (Mapa 3): (Unidade 1) vales abertos, localmente associados a formas de dissecação convexa, áreas de acumulação e planícies de inundação, caracterizando as mais baixas declividades da bacia, o padrão de drenagem é tipicamente paralelo-treliça; (Unidade 2) topos tabulares com vertentes côncavo-convexas, associados a vales abertos e declividades que variam de médias a baixas, o padrão de drenagem é paralelo-treliça, localmente angular; (Unidade 3) topos tabulares, vales fechados e abertos, com vertentes convexas em áreas de média a alta declividades, o padrão de drenagem é paralelo-treliça, localmente angular;

e (Unidade 4) topos arredondados, vales fechados e vertentes côncavas, onde dominam as mais altas declividades da bacia, o padrão de drenagem é paralelo-treliça.

A análise do comportamento do escoamento superficial pelos coeficientes morfométricos²⁷ (Figura 1), indicou formas que se afastam da circularidade (boa correlação entre Kc, Cl e Lu) e identificam o predomínio de estruturas de dissecação (boa correlação entre Rc e Nu; e superior a 0,6 para Rc e variação altimétrica, Fs com Tt e Eps). O Baixo Moju apresenta tendência diferencial, com maior frequência de acumulação. E a sequência Médio e Alto Moju corresponde ao maior potencial de escoamento. Eps e Kc foram os parâmetros de maior variabilidade, os demais obtiveram uma menor variação em torno na média, demonstrando a resposta mais homogênea do conjunto das sub-bacias.

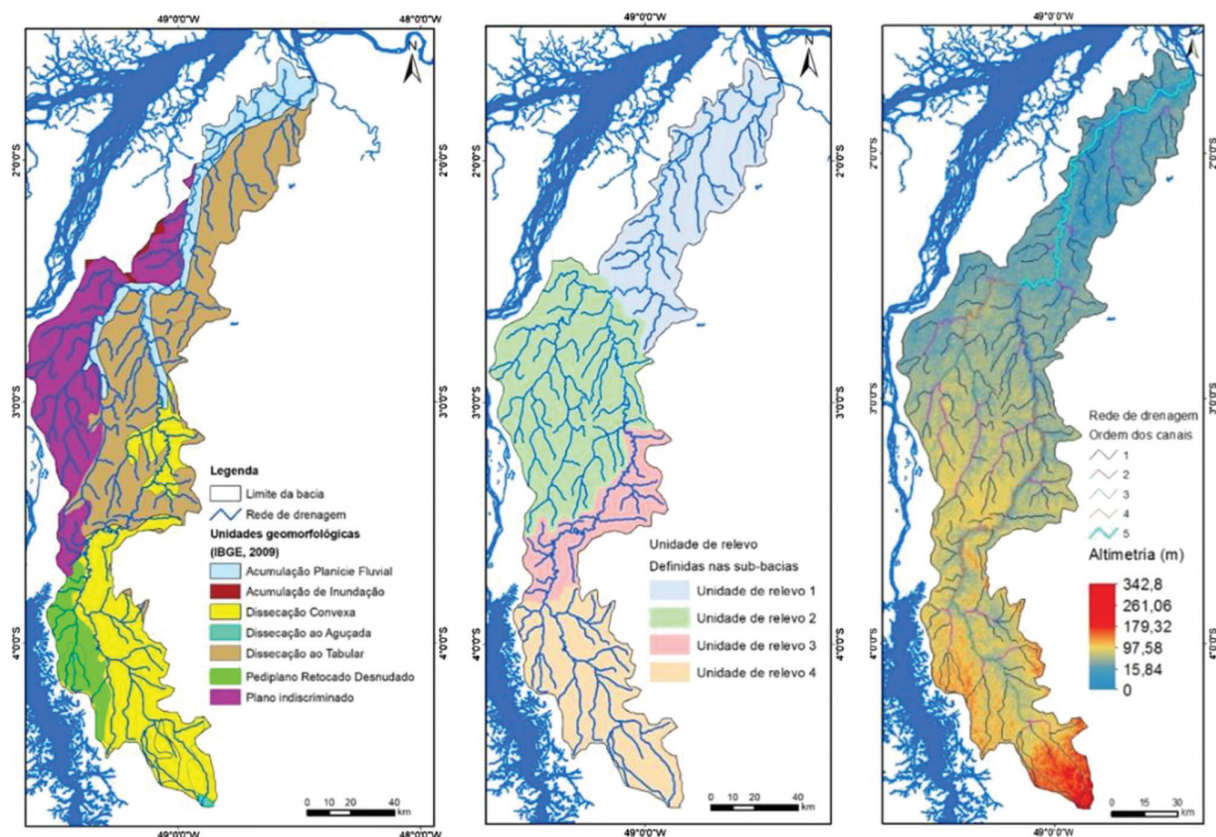
USO E COBERTURA DA TERRA

Para melhor compreender as variações sobre o comportamento natural relativo à qualidade das águas, a partir do verificado no contexto geológico-geomorfológico da bacia, foram avaliadas as formas de antropismo

²⁶. IBGE, 2009

²⁷. Alves e Castro, 2003; Mioto et al, 2017; Gerber et al, 2018

Mapa 3. Altimetria, geomorfologia geral e unidades de relevo segundo a divisão em sub-bacias da bacia hidrográfica do rio Moju.



Fontes: Altimetria - Imagens SRTM. Dados vetoriais de informação logística e Geomorfologia do IBGE (2009); rede de drenagem na escala 1:250.000 da ANA. Unidades de relevo - definidas neste trabalho.

Elaborado: Laboratório de Estudos e Modelagem Hidroambientais (2018).

Fonte: Elaborada pelos autores a partir da base cartográfica estruturada em SIG.

existentes e sua distribuição espacial e influência sobre os sistemas hídricos.

Os produtos avaliados são relativos ao uso e cobertura da terra para a bacia do rio Moju, sendo que, por representarem classificações diferenciais foram apenas analisados quanto ao aspecto espacial da bacia (Mapa 4).

O gerado pelo TerraClass/2010 e 2014²⁸ tem maior detalhamento de classes, demonstrando o Baixo e Médio Moju e a sub-bacia do rio Cairari com maior área de cobertura vegetal incluindo as classes “Floresta” e “Vegetação Secundária”.

Em termos percentuais de 2010 para 2014 na classe “Floresta” ocorreu uma redução de -1,39 (38,60%/37,21%), o mesmo para “Vegetação Secundária”, de -1,80 (23,21%/21,41%); a categoria “Áreas Alteradas” obteve um incremento de +2,26 (31,16%/33,42%), dentre as demais classes de menor representatividade, a categoria “Áreas Mistadas” (6,56%/7,53%) obteve um incremento (+0,97) e de “Reflorestamento” (0,46%/0,42%) uma redução (-0,04).

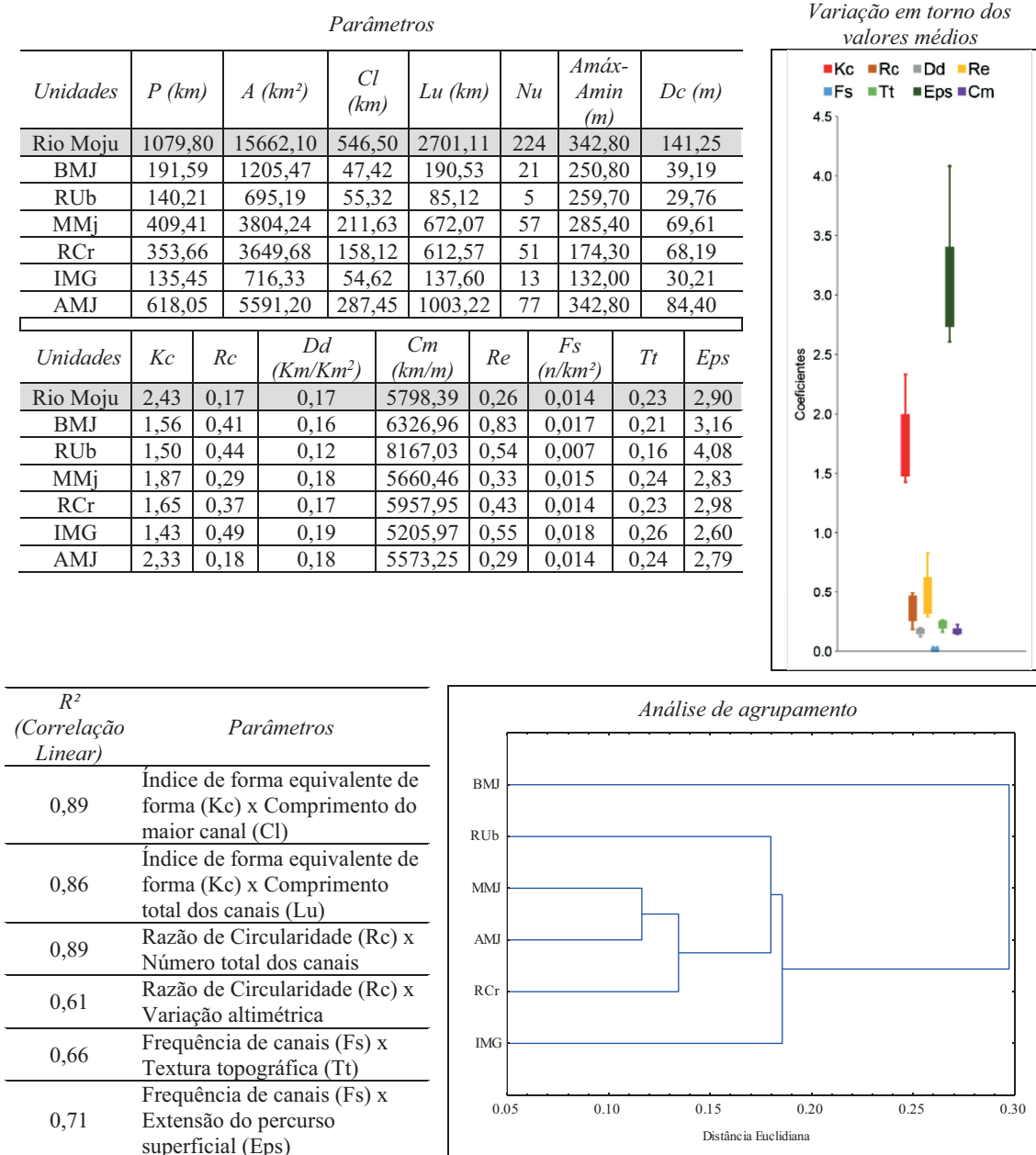
O produto Forest/Non-Forest (FNF) de 2017, que traz apenas a categoria de classificação “com ou sem floresta”²⁹, modifica de forma significativa o quadro da sub-bacia do rio Cairari indicando que esta pode estar com parte de sua vegetação secundária sendo identificada como áreas tipicamente alteradas. Isto pode ser observado quando se identificam os percentuais: a classe “Floresta” está em 53,84% da bacia e a “Não Floresta” em 46,16% em 2017; considerando a soma entre “Floresta” e “Vegetação Secundária” para o ano de 2014, a cobertura vegetal da bacia seria de 58,62%, e das demais classes de 41,38%; logo, registra-se uma diferença de 4,78%, como sendo a faixa de divergência entre as duas classificações.

É importante ressaltar que o INPE classifica as áreas de plantação de dendê como vegetação secundária, sendo consideradas áreas que, após a supressão total da vegetação florestal, encontram-se em processo avançado de regeneração da vegetação arbustiva e/ou arbórea ou

²⁸. Almeida et al, 2016

²⁹. Masanobu Shimada et al, 2014

Figura 1. Relações morfométricas caracterizadas.



Onde: Perímetro - *P* (m); Área - *A* (km²); Comprimento do maior canal - *Cl* (km); Comprimento total dos canais - *Lu* (km); Número total dos canais (*Nu*); Variação altimétrica: *Amáx-Amin* (m); Diâmetro do círculo de área igual à da bacia - *Dc* (km); Índice de forma equivalente - *Kc*; Razão de Circularidade - *Rc*; Densidade de drenagem - *Dd* (Km/Km²); Coeficiente de manutenção - *Cm* (km/m); Relação de elongação (*Re*); Frequência de canais (*n*/km²); Textura topográfica - *Tt*; Extensão do percurso superficial - *Eps*. Baixo Moju (BMJ); Rio Ubá (RUB); Médio Moju (MMj); Rio Cairari (RCr); Ig. Marmorana Grande (IMG); Alto Moju (AMJ).

Fonte: Elaborada pelos autores, com parte do processamento morfométrico.

que foram utilizadas para a prática de silvicultura ou agricultura permanente nativa ou exóticas³⁰.

Em termos de uso econômico do território, a bacia concentra atividades vinculadas ao extrativismo vegetal e à agropecuária, sendo o maior percentual da produção observado no município de Moju³¹, onde tam-

bém se destaca o cultivo do dendê com área de plantio superior a 16000 hectares³². A criação de animais (representatividade do bovino) e a atividade de aquicultura ocorrem em todos os municípios componentes da bacia.

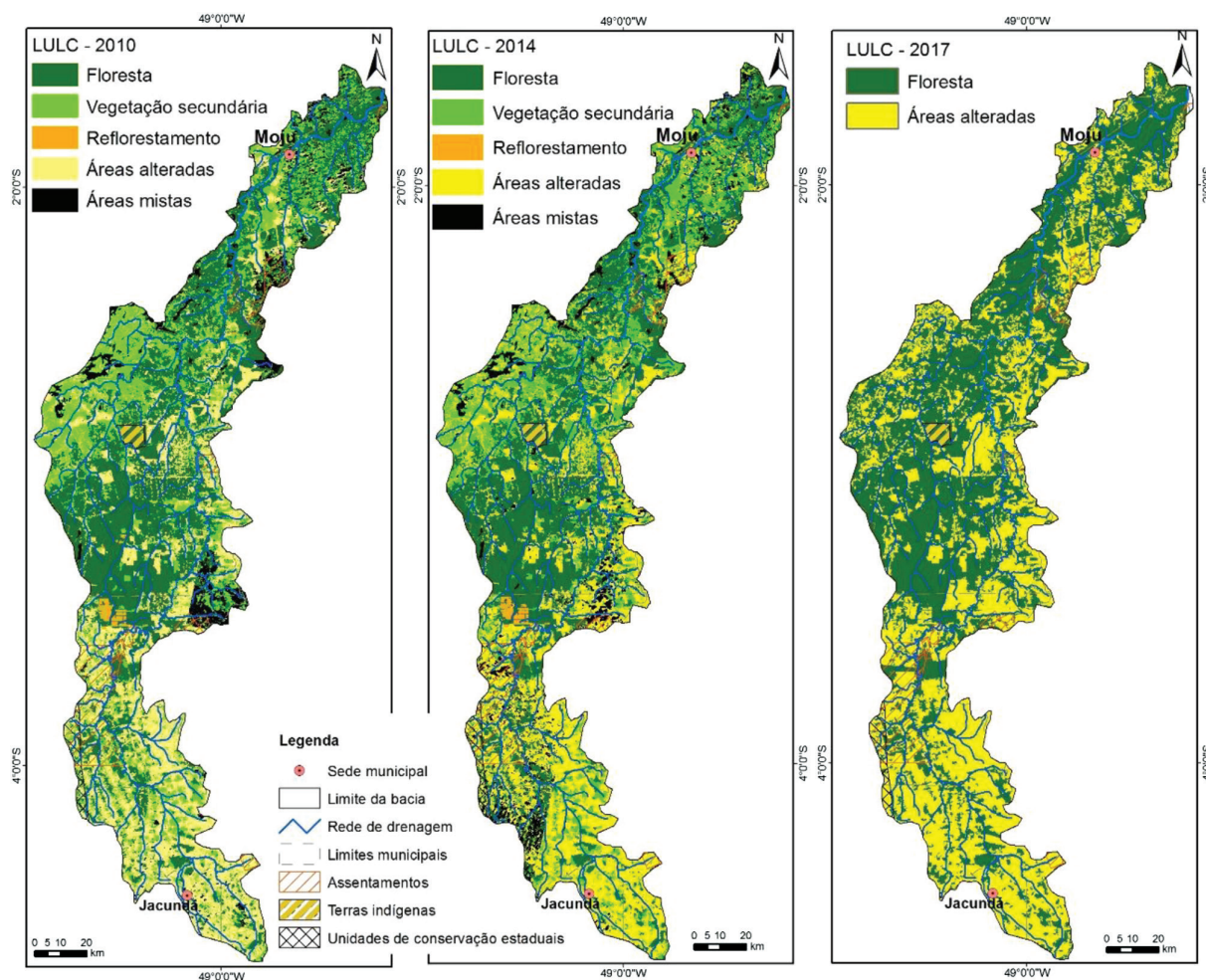
No Alto Moju ambas as classificações mostraram similaridade de comportamento, indicando a manu-

³⁰. Coutinho et al, 2013

³¹. Ferreira et al, 2016

³². Silva e Navegantes-Alves, 2017

Mapa 4. Cartas de uso e cobertura da terra da bacia hidrográfica do rio Moju.



Fontes: Base de dados vetoriais de: rede de drenagem (1:250.000), logística do IBGE (2009) - sedes municipais, limites administrativos e vias de acesso. LULC - Land Use Land Cover - 2010, 2014: Projeto TerraClass INPE/EMBRAPA, Almeida et al. (2016); 2017 - Global PALSAR-2/PALSAR Forest/Non-Forest Map, Earth Engine Data Catalog, Masanobu Shimada et al. (2014).

Elaborado: Laboratório de Estudos e Modelagem Hidroambientais (2019).

Fonte: Elaborada pelos autores a partir da base cartográfica estruturada em SIG.

tenção da área alterada de 2010 a 2017. Na bacia do rio Moju as formas de uso e a cobertura são determinantes para o estado do ambiente natural e da qualidade da água e de como esta chegará aos usuários, uma vez que na bacia encontram-se duas sedes municipais além de diversas localidades que demandam por água para consumo humano. As mudanças no uso e cobertura da terra influenciam a diversidade biológica³³, o clima³⁴ e os ciclos biogeoquímicos e da água³⁵. E as características físico-químicas das águas do rio Moju possuem variações que podem ser condicionadas por estes fatores.

ANÁLISE DE QUALIDADE DA ÁGUA

No processo de avaliação da qualidade da água do rio Moju foram considerados como condicionantes: as características hidrológicas da região, a sazonalidade do período chuvoso e menos chuvoso e a variabilidade do comportamento das vazões.

O período menos chuvoso é marcante de agosto a outubro; e o chuvoso, no trimestre fevereiro-março-abril (Gráfico 1a).

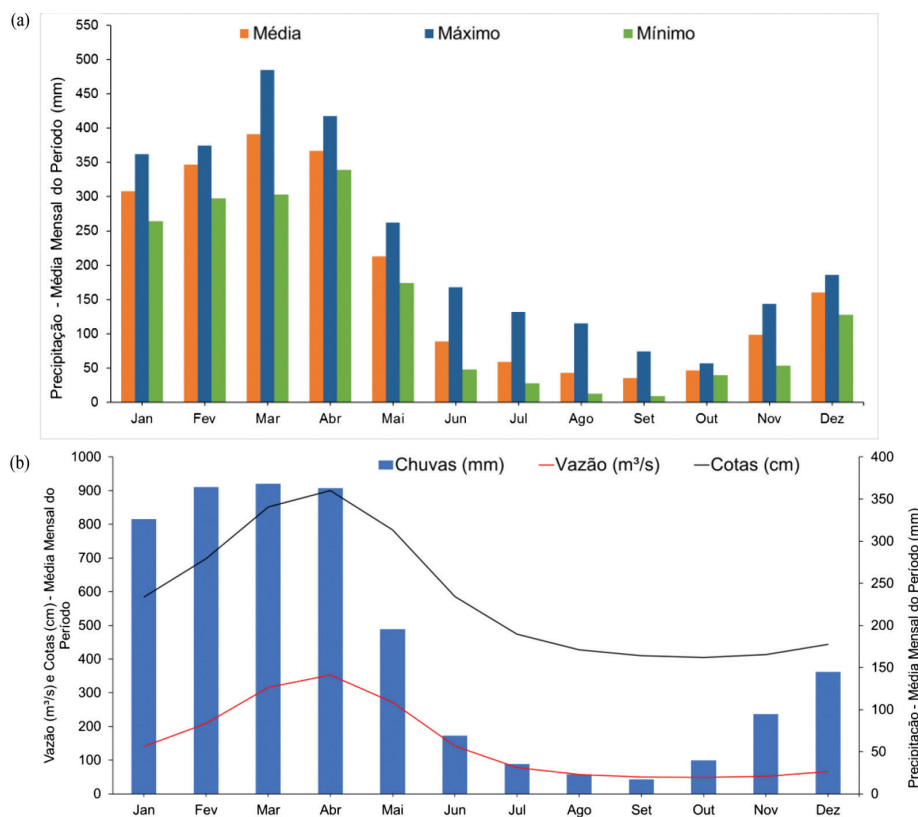
A vazão é representativa da transição entre o Alto e o Médio Moju, assim não recebe a contribuição da sub-bacia do rio Cairari (3.649,68 km²), logo se considerou este efeito nas avaliações, ou seja, a entrada de um volume de água de diluição/dissipação significativo em direção à foz.

³³. Sala et al, 2000; Oki e Kanai, 2006

³⁴. Niraula et al, 2015

³⁵. Varol et al, 2012; Hanna et al, 2018

Gráfico 1. Distribuição sazonal de (a) precipitação pluviométrica e (b) precipitação pluviométrica, vazão e cotas (Estação da Cachoeira Tracambeua 3102000) na bacia do rio Moju.



Fonte: Elaborado pelos autores a partir dos dados pluviométricos e fluviométricos da ANA.

Considerando a vazão específica média³⁶ (relação área x vazão) a sub-bacia do rio Cairari poderia representar um incremento superior a 60% de vazão, admitindo os valores máximos dos períodos chuvoso e menos chuvoso.

É observada uma variação (média mensal do período) de cerca de 86% (353 m³/s e 48 m³/s) entre o máximo e o mínimo de vazões (redução de 55% no nível das águas) e 95% de chuvas (368 mm/17 mm) (Gráfico 1b). Somente quanto às chuvas, a variação no Baixo Moju (Estação de Vila do Conde) chega a 87% (339 mm/44 mm) e no Médio Moju (Estação Vila Elim) a cerca de 91% (484 mm/44 mm).

Como o ponto de medição da vazão está refletindo o comportamento da cabeceira, é verificado que não existe atraso entre o pico das chuvas e das vazões na região. Admitindo estas condições, as coletas voltadas para a análise qualitativa das águas foram feitas no leito do rio Moju, contemplado as três segmentações propostas: alto, médio e baixo curso do rio Moju.

Tendo como base o previsto na Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) nº 357, de 17

de março de 2005, o rio Moju, pela ausência de enquadramento próprio, deve ser considerado como um rio de Classe 2 (Art. 42). Quanto aos parâmetros avaliados foi observada alteração apenas no pH (recomendado entre 6 e 9), porém o padrão das águas que drenam a região amazônica, comumente é encontrado na faixa das águas ácidas³⁷. Esta resolução, por ser padronizada para todo o país, não contempla particularidades regionais ou comportamentos esperados pelo *background* local³⁸.

Os resultados da campanha correspondente ao período menos chuvoso mostraram que as concentrações dos parâmetros físico-químicos sofreram variações ao longo dos pontos coletados: a temperatura oscilou de 28,3 a 37,7 °C; pH de 5 a 5,72; CE de 12 a 20,7 µS/cm; e STD de 6 a 10 mg/L. Ocorrendo uma maior regularidade entre o Alto e Médio Moju e variação no Baixo Moju.

Em relação às concentrações de cátions e de ânions, também foram verificadas variações: Cl⁻ de 1,32 a 2,92 mg/L; NO₃⁻ de 0,25 a 1,29 mg/L; SO₄²⁻ de 0,15 a 0,65 mg/L; Na⁺ de 0,91 a 2,06 mg/L; K⁺ de 0,19 a 1,76 mg/L; Mg²⁺ de 0,01 a 0,11 mg/L; Ca²⁺ de 0,02 a 0,08 mg/L.

³⁶. Rocha e Santos, 2018

³⁷. Silva et al, 2016

³⁸. Aprile e Darwich, 2009; Umbuzeir et al, 2010

A Tabela 1 ilustra a estatística básica dos parâmetros Temperatura (C°), pH, Turbidez (UNT), Condutividade ($\mu\text{S}/\text{cm}$) e Sólidos Totais Dissolvidos - STD (mg/L); e o aspecto de maior regularidade entre o Alto e Médio Moju e variação no Baixo Moju.

O período chuvoso indicou valores para temperatura de 27,5 a 28,9 °C; pH de 5 a 6,36; CE de 15,6 a 21,7 $\mu\text{S}/\text{cm}$; e STD de 7 a 10 mg/L. As concentrações de cátions e ânions foram para: Cl^- de 1,48 a 2,99 mg/L; NO_3^- de 0,14 a 0,68 mg/L; SO_4^{2-} de 0,11 a 0,29 mg/L; Na^+ de 0,77 a 1,51 mg/L; K^+ de 0,47 a 2,37 mg/L; Mg^{2+} de 0,04 a 0,17 mg/L; Ca^{2+} de 0,04 a 0,17 mg/L.

Tanto no período chuvoso como no período menos chuvoso, não ocorreram grandes alterações no pH nos segmentos de bacia. A Turbidez, por sua vez, mostrou valores crescentes do Baixo Moju para o Alto Moju. A Condutividade Elétrica acompanhou a Turbidez de forma mais suave, aumentando em direção ao Alto Moju (Gráfico 2).

Os parâmetros morfométricos indicam que os processos de dissecação são potencialmente favorecidos no Alto Moju, acarretando desta forma a produção de sedimentos, e que esta região coincide com a maior representatividade de áreas alteradas na bacia, principalmente relacionadas ao setor produtivo (agropecuário) e mosaico de ocupações.

De acordo com o diagrama de Piper, as amostras de água nas três sub-bacias, durante o período menos chuvoso, são caracterizadas como águas sódio cloretadas (Gráfico 3a). No decorrer do período chuvoso não houve alteração no tipo de água, porém na transição entre o Baixo e o Médio Moju (P-13 a P-29) se observou uma tendência na elevação da concentração de Ca^{2+} , caracterizando, assim, águas cloretadas cálcicas (Gráfico 3b).

Ao longo da bacia do rio Moju, ocorre intensa atividade de dendeicultura, portanto, é provável que a presença de Ca^{2+} na água superficial pode ser resultado da prática da calagem, muito usada para correção da acidez do solo. Estudos consideram que as mudas de palma de óleo são tolerantes à acidez do solo, entretanto, o uso de calcário, fonte de cálcio e de magnésio, resultaria em benefícios como aumento da disponibilidade de nutrientes no solo e da eficiência dos fertilizantes³⁹.

Os diagramas de Schoeller das águas das três sub-bacias também fornecem dados importantes sobre a influência do uso da terra na qualidade das águas do rio Moju (Gráfico 4). No Baixo Moju, durante o período menos chuvoso, as águas têm suas características modifi-

cadas. A contribuição de Ca^{2+} , provavelmente oriunda do escoamento superficial cessa e ocorre um espalhamento, no que diz respeito ao Mg^{2+} , SO_4^{2-} e NO_3^- .

No Médio Moju no período chuvoso ocorre pouca mistura e no menos chuvoso não há contribuição nenhuma de Ca^{2+} . No Alto Moju, no período chuvoso a mistura no que diz respeito aos cátions é reduzida, contudo, para SO_4^{2-} e NO_3^- o comportamento varia. No período menos chuvoso percebe-se um espalhamento relativo ao Ca^{2+} e ao Mg^{2+} sugerindo misturas com diversas fontes. A Mapa 5 apresenta a mesma distribuição associada às formas de uso da terra.

É importante separar a avaliação Alto-Médio Moju do Baixo Moju, pois este último contempla a ação das marés. Como a amostragem foi anterior à contribuição da sub-bacia do rio Cairari, o efeito da vazão é praticamente o mesmo em todo o segmento Alto-Médio Moju, o que permite identificar que a variação nos períodos (chuvoso e menos chuvoso) e entre estes, é produto do efeito da diluição e das possíveis contribuições das modificações de uso e cobertura da terra.

A amostragem do Alto Moju é paralela a uma área de assentamento rural, tendo como unidade geológica principal formadora, os sedimentos do Grupo Itapecuru, com forte presença de caulinita ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), esmectita ($\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$), quartzo (SiO_2) e microclínio (KAlSi_3O_8)⁴⁰, que pode exemplificar a manutenção do comportamento similar do Na+K no período chuvoso e menos chuvoso. A igual persistência do cloreto (Cl^-) indica a presença proveniente das águas das chuvas e a contribuição de nitrato (NO_3^-) da interferência do efeito de queimadas em áreas florestais⁴¹. De forma geral, a região do Alto-Médio Moju por ser marcada pelo intenso uso agropecuário (a classe “Áreas Alteradas” em 2014 representa 31,43% nesta região) pode intervir de várias formas na variabilidade local destes parâmetros, conforme atestado pela componente turbidez.

Em 10 hectares de dendê pode-se encontrar entre 1.430 a 1.600 palmeiras, onde é utilizado basicamente Nitrogênio, Fósforo e Potássio (NPK) em torno de 9,6 ton/ano, sendo que cada planta adulta recebe cerca de 6 kg/ano, além disto uma palmeira pode receber por ano de 3 a 4 aplicações de um agrotóxico a base de herbicida (glifosato) para limpeza ao seu redor contra o avanço de outras espécies vegetais⁴².

⁴⁰. Corrêa-Martins et al, 2018

⁴¹. Marques et al, 2010

⁴². Nahum e Santos, 2013

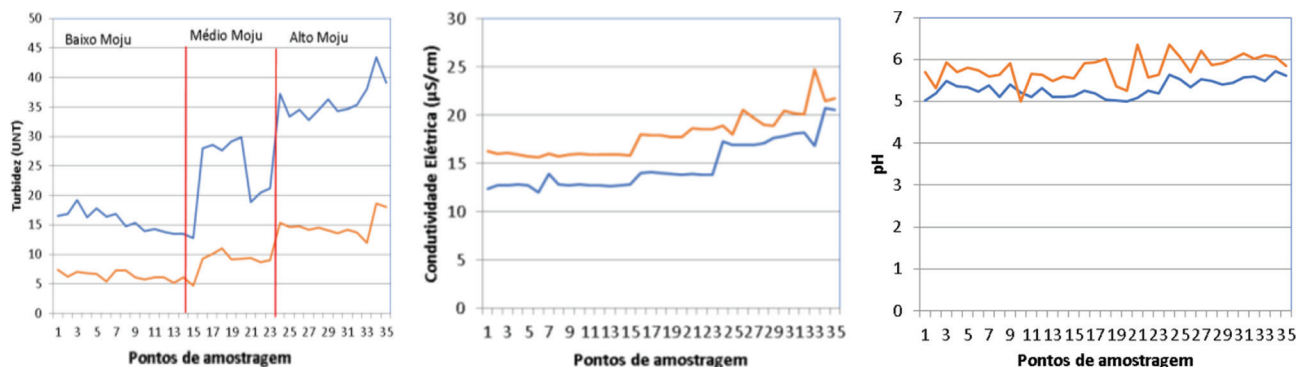
³⁹. Cristancho et al, 2011; Franzini et al, 2012

Tabela 1. Estatística básica aplicada aos parâmetros hidroquímicos: (1) período menos chuvoso; (2) período chuvoso. Média (Md), Mediana (Mda), Mínimo (min), Máximo (Max); Percentil (P); Variância (Var); Desvio Padrão (Dp).

<i>Alto Moju</i>	Md	Mda	Min	Max	P25%	P75%	Var	Dp
Temperatura (1) (°C)	31,31	30,85	28,30	35,70	29,35	33,35	7,255	2,694
Temperatura (2) (°C)	28,46	28,60	27,50	28,90	28,05	28,80	0,204	0,453
pH (1)	5,53	5,53	5,33	5,72	5,47	5,60	0,012	0,108
pH (2)	6,02	6,03	5,71	6,35	5,89	6,12	0,030	0,172
Turbidez (1) (UNT)	14,76	14,30	11,90	18,60	13,85	15,00	3,430	1,852
Turbidez (2) (UNT)	17,90	17,45	16,80	20,70	16,90	18,15	1,820	1,349
Condutividade (1) (µs/cm)	36,10	34,98	32,78	43,38	34,38	37,58	8,766	2,961
Condutividade (2) (µs/cm)	20,29	20,15	18,00	24,70	18,95	20,95	3,080	1,755
STD (1) (mg/L)	8,33	8,00	8,00	10,00	8,00	8,00	0,606	0,778
STD (2) (mg/L)	9,50	9,50	9,00	10,00	9,00	10,00	0,273	0,522
<i>Médio Moju</i>	Md	Mda	Min	Max	P25%	P75%	Var	Dp
Temperatura (1) (°C)	33,59	31,85	31,10	37,70	31,35	36,75	8,487	2,913
Temperatura (2) (°C)	28,31	28,05	27,90	28,90	27,95	28,85	0,215	0,464
Ph (1)	5,13	5,13	5,00	5,26	5,40	5,22	0,011	0,104
Ph (2)	5,76	5,78	5,26	6,36	5,47	5,97	0,133	0,364
Turbidez (1) (UNT)	9,46	9,20	8,70	11,00	9,50	9,75	0,548	0,740
Turbidez (2) (UNT)	25,44	27,80	18,88	29,80	2,83	28,80	19,824	4,452
Condutividade (1) (µs/cm)	13,92	13,90	13,80	14,10	13,80	14,15	0,013	0,116
Condutividade (2) (µs/cm)	18,10	17,95	17,70	18,60	17,80	18,50	0,140	0,374
STD (1) (mg/L)	6,25	6,00	6,00	7,00	6,00	6,50	0,214	0,463
STD (2) (mg/L)	8,375	8,00	8,00	9,00	8,00	9,00	0,268	0,517
<i>Baixo Moju</i>	Md	Mda	Min	Max	P25%	P75%	Var	Dp
Temperatura (1) (°C)	32,63	32,00	31,30	36,00	31,40	33,60	1,927	1,386
Temperatura (2) (°C)	30,50	30,50	30,20	31,00	30,30	30,70	0,514	0,227
Ph (1)	5,23	5,22	5,20	5,48	5,10	5,37	0,199	0,141
Ph (2)	5,62	5,64	5,00	5,93	5,55	5,74	0,538	0,232
Turbidez (1) (UNT)	6,27	6,10	4,70	7,41	5,70	7,40	0,657	0,810
Turbidez (2) (UNT)	15,42	15,30	12,70	19,20	13,80	16,80	3,496	1,870
Condutividade (1) (µs/cm)	12,73	12,70	12,00	13,90	12,70	12,80	0,147	0,383
Condutividade (2) (µs/cm)	15,97	15,90	15,60	16,30	15,80	16,00	0,292	0,171
STD (1) (mg/L)	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	0,00	0,00
STD (2) (mg/L)	7,13	7,00	7,00	8,00	7,00	7,00	0,124	0,352

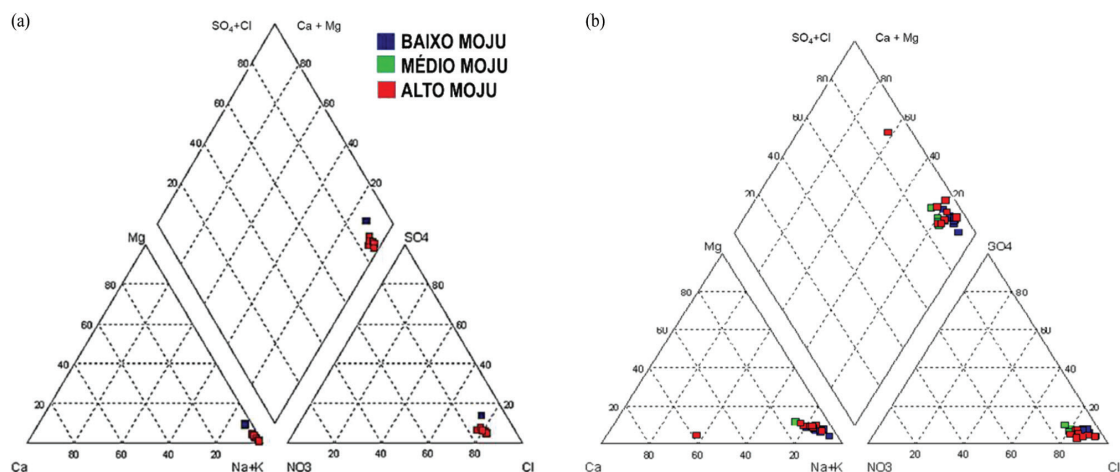
Fonte: Elaborado pelos autores a partir dos dados processados.

Gráfico 2. Variação da (a) Turbidez, (b) Condutividade Elétrica e (c) pH, médios nas sub-bacias do rio Moju durante o período chuvoso e menos chuvoso.



Fonte: Elaborado pelos autores a partir dos dados processados.

Gráfico 3. Classificação das águas das sub-bacias do rio Moju durante o período (a) menos chuvoso; (b) chuvoso.



Fonte: Elaborado pelos autores a partir dos dados processados.

Admitindo a transição Médio-Alto Moju como a de maior frequência quantitativa do plantio do dendê⁴³, os resultados observados demonstram a importância do efeito da vazão do rio Moju, havendo apenas uma anomalia local de Na^+ no período menos chuvoso.

Quanto ao comportamento na transição Médio-Baixo Moju do NO_3^- , tem-se a prevalência da estação menos chuvosa, porém neste segmento da bacia encontra-se a sede municipal de Moju e vários fragmentos florestais que se alternam entre o dendê e manchas de vegetação secundária, o que pode implicar em diversas fontes de contribuição para as águas superficiais. O Médio Moju concentrava em 2014 cerca de 34% de cobertura vegetal (“Floresta” e “Vegetação Secundária”).

As Figuras 2 e 3 apresentam a síntese dos fatores que podem implicar como condicionantes de comportamento hidrogeomorfológico, bem como expor os cenários da paisagem observados. Estes concor-

dam com o já discutido no zoneamento das áreas de maior pressão sobre os recursos naturais da bacia do rio Moju⁴⁴.

Dentre os diversos aspectos associados às bacias hidrográficas amazônicas, que repercutem no observado para o rio Moju, merecem destaque os ligados ao planejamento de expansão das cidades, ao setor produtivo e ao monitoramento das águas, necessários para subsidiar o processo de tomada de decisão quanto à gestão de recursos hídricos⁴⁵.

A bacia, ao ser tratada como um ambiente primário para a gestão da água, torna-se um espaço natural adequado para a discussão dos conflitos relacionados ao seu uso, no qual, a partir da abordagem hidropolítica, passa a ser admitido em função de suas diferentes escalas e áreas de interesse⁴⁶.

As cidades componentes dos estados amazônicos tendem a ter uma forte conexão com as águas, bus-

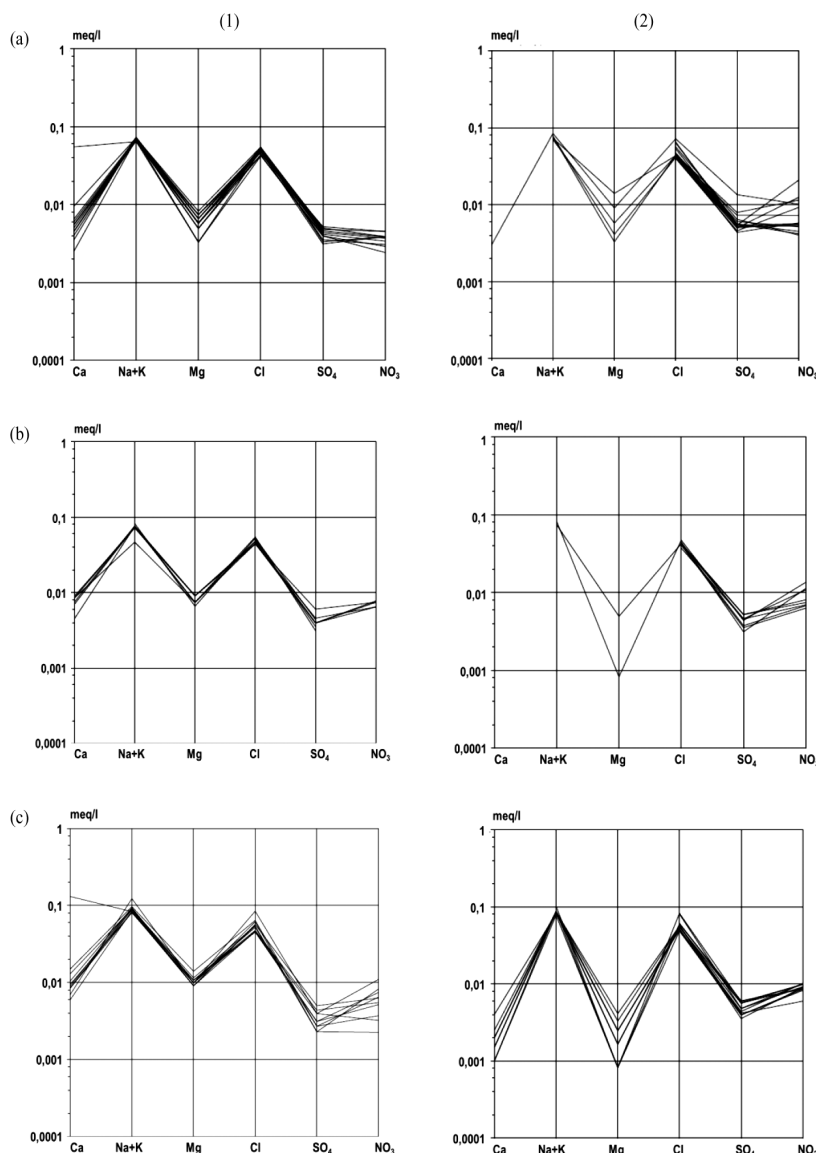
44. Ferreira et al, 2017; Ferreira et al, 2020

45. Paiva et al, 2013; Ríos-Villamizar et al, 2014; Konzen et al, 2015

46. Olvera-Molina, 2016

43. Nahum e Santos, 2016

Gráfico 4. Comportamento da composição química das águas: (a) Baixo Moju; (b) Médio Moju; (c) Alto Moju. Período chuvoso (1) e menos chuvoso (2).



Fonte: Elaborado pelos autores a partir dos dados processados.

cando sua proximidade para moradia, navegação e aproveitamento econômico⁴⁷. O contexto da bacia do rio Moju é concordante com este padrão, trazendo assim, diversos problemas associados à qualidade das águas.

Logo, destaca-se a necessidade do fortalecimento dos instrumentos vinculados à Política de Recursos Hídricos do Estado do Pará (Lei n. 6.381/2001), principalmente os relativos à “Outorga de Direito de Uso” e ao “Enquadramento dos Corpos de Água em Classes, Segundo os Usos Preponderantes da Água”, como formas de regulação qualitativa e quantitativa e, principalmente, do “Plano da Bacia Hidrográfica do rio Moju”, com foco nas ações de ordenamento territorial e inte-

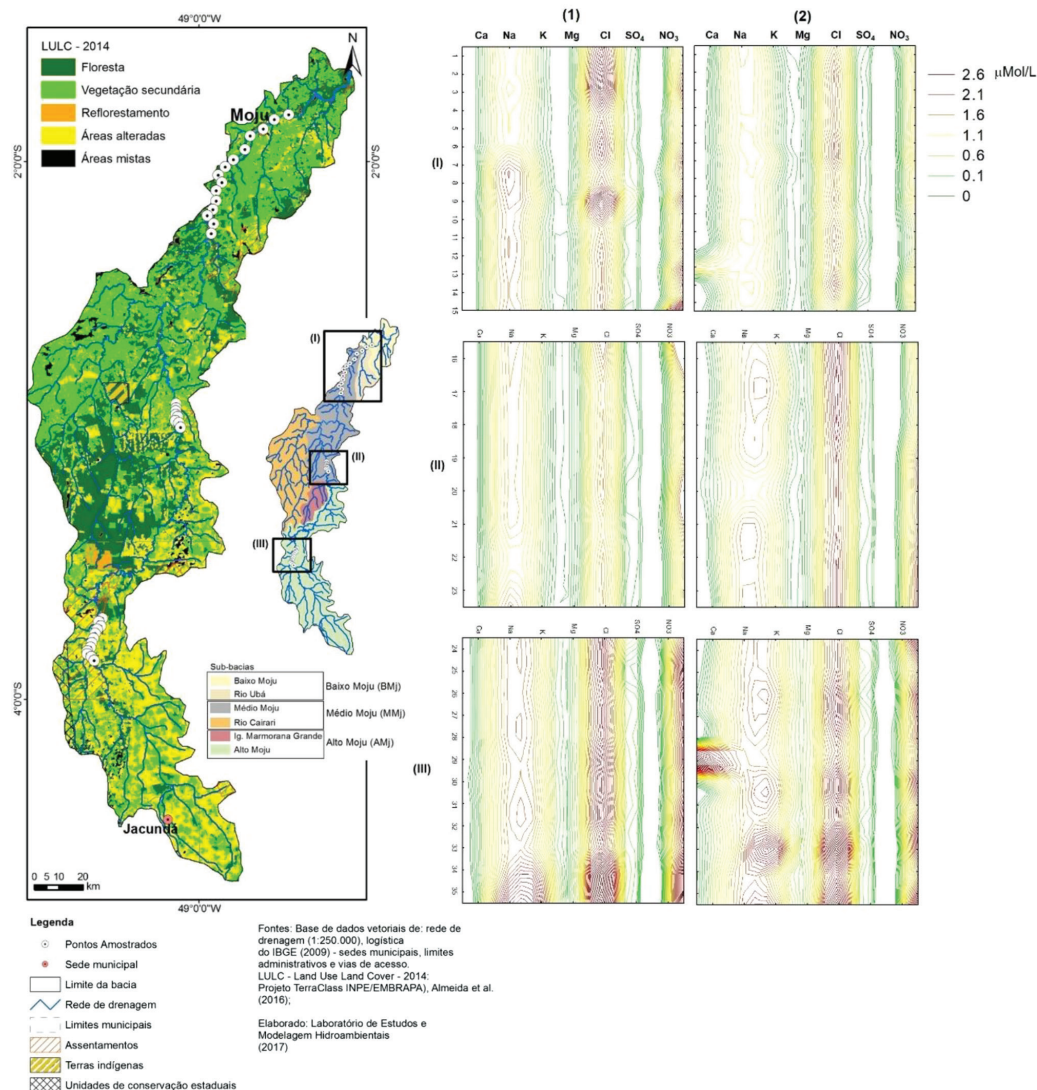
gração com as políticas públicas setoriais, vinculadas ao setor produtivo local e de saneamento básico das cidades.

Conclusões

A bacia do rio Moju, localizada no nordeste do estado do Pará, é uma importante unidade territorial de integração com o Centro-Sul do País, além de conter um dos polos econômicos regionais, vinculado ao plantio do dendê. O contexto integrado das unidades de paisagem natural e antrópica, associado ao comportamento da qualidade das águas, permitiu inferir um conjunto de relações de causa e efeito, importantes de serem inves-

⁴⁷. Miranda et al, 2009; Gorayeb et al, 2010

Mapa 5. Uso e cobertura da terra e a variação da composição química das águas: Período menos chuvoso (1) e chuvoso (2).



Fonte: Elaborado pelos autores a partir dos dados processados e da base cartográfica estruturada em SIG.

tigadas para a melhor compreensão dos fatores atuantes na região.

Os resultados indicam que as águas apresentam um comportamento entre cloretadas-sódicas e cálcicas com variações associadas principalmente aos efeitos da turbidez, às anomalias locais relativas, às formas de uso da terra e à presença do NO₃⁻.

As variações entre os períodos chuvoso e menos chuvoso são relevantes, assim como o efeito do comportamento da vazão, que somente é monitorada até o limite do Alto-Médio Moju, havendo necessidade de contabilizar a real contribuição do rio Cairari, que vai influenciar diretamente na qualidade das águas que drenam a área de maior ocorrência de alterações de uso da terra, por diversas atividades, especialmente o dendê.

A análise integrada dos resultados também ressalta que as formas de uso da terra de 2010 a 2017, observa-

das pelos mapeamentos avaliados, apresentaram em comum a persistência de alteração do Alto Moju, principal responsável pela recarga hídrica da bacia, o que aponta para a proposição de políticas ambientais, de expansão do setor produtivo (agropecuário e extrativista) e de desenvolvimento de espaços urbanos mais correlacionadas, de forma a fomentar áreas de recomposição da cobertura vegetal em regiões mais estratégicas para oferta de água.

No relativo à gestão de recursos hídricos da bacia, recomenda-se o monitoramento continuado quali-quantitativo das águas e o planejamento integrado com outras políticas setoriais. Ações como o enquadramento e a classificação dos corpos de água, segundo classes de uso, e a maior ampliação das formas de regularização, como a outorga de direito das águas, deveriam ser melhor sistematizadas para a bacia, pois

Figura 2. Fatores de influência direta na qualidade das águas, segundo as variáveis (Var.) avaliadas.

Var.	Alto Moju	Médio Moju	Baixo Moju
Hidrogeomorfologia	Formado principalmente pelos sedimentos do Grupo Itapecuru; marcado por formas de dissecação, com maior variação altimétrica e controle estrutural; os indicadores morfométricos descrevem como comportamento potencial de escoamento.	Formado principalmente pelos sedimentos da Formação Ipixuna; com formas de dissecação, que gradam para mais planas. A sub-bacia do rio Cairari é a principal sub-bacia da região. Os parâmetros morfométricos aproximam o Alto e o Médio Moju, favorecendo o escoamento, porém a ocorrência de áreas mais planas possibilita a presença de zonas de maior acumulação de sedimentos.	Formado principalmente pelos sedimentos do Grupo Barreiras; com formas de dissecação tabular associadas às áreas planas. Os indicadores morfométricos isolam esta região, que possui uma ampla planície de inundação e intensa acumulação de sedimentos, com a maior largura do vale do canal principal.
Quantitativo das águas	É a região melhor representada pelos dados de chuva/vazão com máximos (período chuvoso) de 368 mm e 353 m³/s e mínimos (período menos chuvoso) de 17 mm e 48 m³/s (média mensal do período). Uma variação maior que 80% em ambos os casos.	É a região que apresenta uma variação entre o máximo e o mínimo de chuvas maior que 90%. Recebe na sua porção mediana a sub-bacia do rio Cairari, o que indicaria um incremento do efeito de diluição e do potencial de transporte de sedimentos.	Apresenta uma variação entre o máximo e o mínimo de chuvas maior que 80%. E recebe o maior volume de chuvas durante todo o período. Trata-se de uma área com regime de maré, onde a vazão tem regime variável e impacta no comportamento da qualidade das águas e transporte de sedimentos.
Qualitativo das águas	Maiores valores de turbidez e condutividade elétrica em ambos os períodos avaliados, concentrando o padrão de águas cloretadas-sódicas no menos chuvoso e uma gradual tendência para um comportamento de águas mais cálcicas no chuvoso.	Valores de turbidez, condutividade elétrica e pH variáveis em ambos os períodos avaliados. Manteve-se o padrão de águas cloretadas-sódicas no menos chuvoso e uma gradual tendência para um comportamento de águas mais cálcicas no chuvoso, sendo mais intenso neste que no Alto Moju.	Valores de turbidez e condutividade elétrica foram os menores detectados. Manteve-se o padrão de águas cloretadas-sódicas durante todo o período. Observa-se o efeito de diluição do período chuvoso, com a redução da concentração dos cátions e íons avaliados.
Uso e cobertura da terra	Encontra-se influenciado pelas sedes municipais de Jacundá, Breu Branco e Goianésia do Pará. É segmentado também por um conjunto de vias de acesso que fazem a conexão com a sede municipal de Tucuruí (e com a UHE de Tucuruí). A presença de áreas urbanas, vilas e povoados gera como elemento de alteração da qualidade das águas o esgotamento sanitário, lançado <i>in natura</i> nos corpos hídricos, pois a região não apresenta sistemas de coleta e tratamento de esgoto.	Encontra-se em uma região alterada com fragmentos de vegetação que incluem as áreas destinadas ao plantio de dendê, além da produção agropecuária. O mosaico de ocupações é influenciado pela presença na borda da bacia da sede municipal de Tailândia, de vicinais e rodovias que integram o eixo norte-sul e leste-oeste da bacia. A maior área de cobertura florestal é encontrada nas cabeceiras do rio Cairari, porém ao longo do rio Moju a segmentação é elevada.	Apresenta a melhor cobertura de área florestal ao longo do rio Moju, porém a maior parte da vegetação é secundária, alternada com áreas alteradas e mosaicos de ocupações. Presença da sede municipal de Moju que é um importante conector da região, via Alça Viária, com a Região Metropolitana de Belém (RMB), fazendo com que esta área seja diretamente impactada por uma dinâmica de trânsito de pessoas, bens e serviços em direção a RMB.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 3. Cenários avaliados para a bacia do rio Moju.

Var.	Alto Moju	Médio Moju	Baixo Moju
Cenários	Corresponde à região de maior potencial de alteração da qualidade das águas pelas formas de uso da terra. O volume de chuvas contribui de forma significativa para a vulnerabilidade natural de produção de sedimentos (pela relação entre os litotipos presentes com o grau de dissecação do terreno), associada à intensa remoção da cobertura vegetal, à abertura de estradas, à urbanização e expansão de áreas destinadas ao mosaico de ocupações e ao aproveitamento agropecuário.	Região potencial de alteração da qualidade das águas. Neste trecho de bacia a qualidade das águas é influenciada pela heterogeneidade da paisagem, com a presença de áreas mistas com cobertura florestal e alterada, além de receber um incremento de vazões pela ação das águas do rio Cairari. Esta variação é bem notada entre os períodos chuvoso e menos chuvoso, uma vez que a redução do volume de chuvas é de cerca de 90%. Por se tratar de uma região de forte vocação agrícola, pode-se destacar como efeito potencial de alteração da qualidade das águas o uso de fertilizantes. Constatou-se que os valores de NO_3^- mantiveram-se no mesmo padrão do Alto Moju, sendo que neste havia uma forte contribuição do mosaico de ocupações e de áreas urbanas.	Região potencial de alteração da qualidade das águas. A sede municipal de Moju está localizada nas margens do rio Moju e tem uma interação direta com este, com o lançamento de efluentes e interface do setor portuário e de transporte (armazenamento) de cargas nas margens deste. A redução do impacto gerado pelas alterações é minimizado pelo volume de águas, admitindo a mesma relação de vazão de referência estimada para o rio Cairari, o rio Moju chegaria na foz com uma descarga superior a 900 m³/s no período chuvoso e superior a 100 m³/s no período menos chuvoso, este tipo de estimativa não considera perdas, admite a conversão da vazão apenas em função da área da bacia, porém permite exemplificar que a redução dos efeitos de alteração da qualidade das águas não pode ser desprezada, apenas ponderada pelo potencial de diluição das águas.

Fonte: Elaborado pelos autores.

reproduziriam um cenário de ordenamento necessário para a manutenção da sua disponibilidade e atendimento da demanda em qualidade e quantidade de suprimento de água.

Agradecimentos

À Fundação Amazônia de Amparo a Estudos e Pesquisas do Estado do Pará (FAPESPA), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio ao desenvolvimento da pesquisa.

REFERÊNCIAS

- Almeida, C. A., Coutinho, A. C., Esquerdo, J. C. D. M., Adami, M., Venturieri, A., Diniz, C. G., Dessay, N., Durieux, L. y Gomes, A. R. 2016: "High spatial resolution land use and land cover mapping of the Brazilian Legal Amazon in 2008 using Landsat-5/TM and MODIS data". *Acta Amazônica*, 46, 3, 291-302. <https://doi.org/10.1590/1809-4392201505504>
- Alves, J. M. P. y Castro, P. T. A. 2003: "Influência de feições geológicas na morfologia da bacia do rio Tanque (MG) baseada no estudo de parâmetros morfométricos e análise de padrões de lineamentos". *Revista Brasileira de Geociências*, 33, 2, 117-127. <https://doi.org/10.25249/0375-7536.2003332117124>
- APHA. 1995: *American Public Health Association. Standard Methods for the Examination for Water and Wastewater*. Washington, Byrd Prepress Springfield.
- Aprile, F. M. y Darwich, A. J. 2009: "Regime térmico e a dinâmica do oxigênio em um lago meromítico de águas pretas da região Amazônica". *Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology*, 13, 37-43. <http://dx.doi.org/10.14210/bjast.v13n1>
- Bentes, E. S. y Homma, A. K. O. 2016: *Importação e exportação de óleo e palmiste de dendezeiro no Brasil (2010-2015)*. Belém, Embrapa Amazônia Oriental.
- Chapman, D. V., Bradley, C., Gettel, G. M., Hatvani, I. G., Hein, T., Kovács, J., Liska, I., Oliver, D. M., Tanos, P., Trásy, B. y Várbíró, G. 2016: "Developments in water quality monitoring and management in large river catchments using the Danube River as an example". *Environmental Science & Policy*, 64, 141-154. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2016.06.015>
- Christofolletti, A. 1980: *Geomorfologia*. São Paulo, Edgard Blücher.
- Conley, D. J., Paerl, H. W., Howarth, R. W., Boesch, D. F., Seitzinger, S. P., Havens, K. E., Lancelot, C. y Likens, G. E. 2009: "Controlling eutrophication: nitrogen and phosphorus". *Science*, 323, 1014-1015. <https://doi.org/10.1126/science.1167755>
- Corrêa-Martins, F. J., Mendes, J. C., Bertolino, L. C. y Mendonça, J. O. 2018: "Petrografia, Diagênese e Considerações sobre Proveniência da Formação Itapecuru no Norte do Maranhão (Cretáceo Inferior, Bacia do Parnaíba, NE Brasil)". *Anuário do Instituto de Geociências*, 41-3, 514-530.
- Coutinho, A. C., Almeida, C., Venturieri, A., Esquerdo, J. C. D. M. y Silva, M. 2013: *Uso e cobertura da terra nas áreas desflorestadas da Amazônia Legal*: TerraClass 2008. Brasília, EMBRAPA, INPE.
- Cristancho, J. A. R., Hanafi, M. M., Omar, S. R. y Rafii, M. Y. 2011: "Alleviation of aluminum in acidic soils and its effect on growth of hybrid and clonal oil palm seedlings". *Journal of Plant Nutrition*, 34, 3, 387-401. <https://doi.org/10.1080/01904167.2011.536880>
- Davidson, E. A., Neill, C., Krusch, A. V., Ballester, V. V. R., Markewitz, D. y Figueiredo, R. D. O. 2004: "Loss of nutrients from terrestrial ecosystems to streams and the atmosphere following land use change in Amazonia", in: Asner, G. y Fries, R. (Eds.): *Ecosystems and Land Use Change*. Washington D. C., American Geophysical Union, 147-158. <https://doi.org/10.1029/153GM12>
- Desta, H. y Lemma B. 2017: "SWAT based hydrological assessment and characterization of Lake Ziway sub-watersheds, Ethiopia". *Journal of Hydrology*, 13, 122-137. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2017.08.002>
- Donadio, N. M. M., Galbiatti, J. A. y Paula, R. C. 2005: "Qualidade da água de nascentes com diferentes usos do solo na bacia hidrográfica do Córrego Rico, São Paulo, Brasil". *Engenharia Agrícola*, 25, 1, 115-125. <https://doi.org/10.1590/S0100-69162005000100013>
- Ferreira, S. C. G., Lima, A. M. M. y Correa, J. A. M. 2017: "Zoneamento da bacia hidrográfica do rio Moju (Pará): usos da água e sua relação com as formas de uso e cobertura do solo". *Revista Ambiente & Água*, 12, 4, 680-693. <http://doi.org/10.4136/ambi-agua.2069>
- Ferreira, S. C. G., Lima, A. M. M. y Correa, J. A. M. 2020: "Indicators of hydrological sustainability, governance and water resource regulation in the Moju river basin (PA) - Eastern Amazonia". *Journal of Environmental Management*, 263, 110354, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110354>
- Ferreira, S. C. G., Silva, L. M., Lima, A. M. M. y Correa, J. A. M. 2016: "A sustentabilidade hídrica da bacia hidrográfica do rio Moju a partir de indicadores de disponibilidade e demanda", in: Silva, C. N., Bordalo, C. A. L. y Silva, E. V. (coords.): *Planejamento, conflitos e desenvolvimento sustentável em bacias hidrográficas: experiências e ações*. Belém, GAPTA/UFGA, 601-630.

- Figueiredo, R. O.** 2009: "Processos hidrológicos e biogeoquímicos em bacias hidrográficas sob uso agrícola e agroflorestal na Amazônia brasileira", in: Porro, R. (Ed.): *Alternativa agroflorestal na Amazônia em transformação*, Brasília, EMBRAPA, 478-500.
- Franzini, V. I., Baizi e Silva, A. R. y Gomes Junior, R. A.** 2012: *Acidez do solo e sua correção em palma de óleo*. Belém, EMBRAPA.
- Gerber, D., Pertille, C. T., Vieira, F. S., Corrêa, B. J. S. y Souza, C. F.** 2018: "Caracterização morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Itajaí - Santa Catarina". *Acta Biológica Catarinense*, 5, 1, 72-83. <https://doi.org/10.21726/abc.v5i1.446>
- Gorayeb, A., Lombardo, M. A. y Carneiro Pereira, L. C.** 2010: "Qualidade da água e abastecimento na Amazônia: o exemplo da bacia hidrográfica do rio Caeté". *Mercator*, 9, 18, 135-157. <https://doi.org/10.4215/RM2010.0918.0011>
- Hanna, N., Lartiges, B., Kazpard, V., Maatouk, E., Amacha, N., Sassine, S. y El Samrani, A.** 2018: "Hydrogeochemical processes in a small eastern mediterranean karst watershed (Nahr Ibrahim, Lebanon)". *Aquatic Geochemistry*, 24, 5-6, 325-344. <https://doi.org/10.1007/s10498-018-9346-x>
- Horbe, A. M. C., Queiroz, M. M. A., Moura, C. A. V. y Toro, M. A. G.** 2013: "Geoquímica das águas do médio e baixo rio Madeira e seus principais tributários - Amazonas - Brasil". *Acta Amazônica*, 43, 4, 489-504. <https://doi.org/10.1590/S0044-59672013000400011>
- IBGE.** 2009: *Manual técnico de geomorfologia*. Rio de Janeiro-RJ, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística-IBGE, 182 p.
- Kato, O. R., Kato, M. S., Sá, T. D. A. y Figueiredo, R. O.** 2004: "Plantio direto na capoeira". *Ciência e Ambiente*, 29, 99-111.
- Konzen, G. B., Figueiredo, J. A. S. y Quevedo, D. M.** 2015: "History of water quality parameters - a study on the Sinos River/Brazil". *Brazilian Journal of Biology*, 75, 2 (suppl.), 1-10. <http://doi.org/10.1590/1519-6984.0213>
- Macambira, E. M. B. y Ricci, P. S. F.** 2013: *Geologia e recursos minerais da Folha Tucuruí: SA.22-Z-C, Estado do Pará, Escala 1:250.00*. Belém, CPRM - Serviço Geológico do Brasil.
- Marques, R., Zamparoni, C. A. G. P., Castro E Silva, E., Magalhães, A., Guedes, S. F. y Fornaro, A.** 2010: "Composição química de águas de chuva em áreas tropicais continentais, Cuiabá-MT: aplicação do Sistema Clima Urbano (S.C.U)". *Revista do Departamento de Geografia*, 20, 63-75. <http://doi.org/10.7154/RDG.2010.0020.0005>
- Masanobu Shimada, T. I., Takeshi Motooka, M. W., Shiraishi Tomohiro, R. T. y Richard, L.** 2014: "New Global Forest/Non-forest Maps from ALOS PALSAR Data (2007-2010)". *Remote Sensing of Environment*, 155, 13-31. <http://doi.org/10.1016/j.rse.2014.04.014>
- Mioto, C. L., Oliveira, R. V., Queiroz, S. D. M., Pereira, T. V., Anache, J. A. A. y Paranhos, F. A. C.** 2017: "Morfometria de bacias hidrográficas através de SIGs livres e gratuitos". *Anuário do Instituto de Geociências*, 37, 2, 16-22. https://doi.org/10.11137/2014_2_16_22
- Miranda, R. G., Pereira, S. F. P., Alves, D. T. V. y Oliveira, G. R. F.** 2009: "Quality of water resources in the Amazon region - Rio Tapajós: Assessing the case for chemical elements and physical-chemical parameters". *Revista Ambiente & Água*, 4, 2, 75-92. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.88>
- Moura, L. H. A., Boaventura, G. R. y Pinelli, M. P.** 2010: "A qualidade de água como indicador de uso e ocupação do solo: bacia do Gama - Distrito Federal". *Química Nova*, 33, 1, 97-103. <http://doi.org/10.1590/S0100-40422010000100018>
- Nahum, J. S. y Santos, C. B.** 2013: "Impactos socioambientais da dendecultura em comunidades tradicionais na Amazônia paraense". *ACTA Geográfica*, 63-80. <http://dx.doi.org/10.5654/acta.v0i0.1953>
- Nahum, J. S. y Santos, C. B.** 2016: "A dendecultura na Amazônia paraense". *GeoUSP*, 20, 2, 281-294. <http://doi.org/10.11606/issn.2179-0892.geousp.2016.122591>
- Niraula, R., Meixner, T. y Norman, L. M.** 2015: "Determining the importance of model calibration for forecasting absolute/relative changes in streamflow from LULC and climate changes". *Journal of Hydrology*, 522, 439-451. <http://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2015.01.007>
- Oki, T. y Kanae, S.** 2006: "Global hydrological cycles and world water resources". *Science*, 313, 1068-1072. <http://doi.org/10.1126/science.1128845>
- Olvera-Molina, M.** 2016: "Desnaturalizando la cuenca en México: notas sobre el espacio hidropolítico". *Agua y Territorio*, 7, 11-21. <http://doi.org/10.17561/at.v0i7.2959>
- Paiva, R., Buarque, D., Collischonn, W., Bonnet M-P, Frappart, F., Calmant, S. y Mendes, C.** 2013: "Large-scale hydrologic and hydrodynamic modelling of the Amazon River basin". *Water Resources Research*, 49 (3), 1226-1243. <http://doi.org/10.1002/wrcr.20067>
- Pareta, K. y Pareta, U.** 2012: "Quantitative Geomorphological Analysis of a Watershed of Ravi River Basin, H. P. India". *International Journal of Remote Sensing and GIS*, 1, 1, 41-56.
- Ríos-Villamizar, E. A., Martins, A. F. y Waichman, A. V.** 2011: "Caracterização físico-química das águas e desmatamento na Bacia do rio Purus, Amazônia Brasileira Ocidental". *Geográfica Acadêmica*, 5, 2, 54-65.
- Ríos-Villamizar, E. A., Piedade, M. T. F., Costa, J. G., Adeney, J. M. y Junk, W. J.** 2014: "Chemistry of different Amazonian water types for river classification: a preliminary review". *Transactions on Ecology and The Environment*, 178, 17-28. <http://dx.doi.org/10.2495/13WS 0021>

- Rocha, P. C. y Santos, A. A.** 2018: "Análise Hidrológica em Bacias Hidrográficas". *Mercator*, 17, 1-18. <http://doi.org/10.4215/rm2018.e17025>
- Ross, J. L. S.** 1992: "O registro cartográfico dos fatos geomorfológicos e a questão da taxonomia do relevo". *Revista do Departamento de Geografia*, 6, 17-29. <http://doi.org/10.7154/RDG.1992.0006.0002>
- Rossetti, D. F.** 2006: "Evolução sedimentar miocênica nos Estados do Pará e Maranhão". *Geologia USP*, 6, 2, 7-18. <https://doi.org/10.5327/S1519-874X2006000300003>
- Sala, O. E., Chapin, I. F. S., Armesto, J. J., Berlow, E., Bloomfield, J., Dirzo, R., Huber Sanwald, E., Huenneke, L. F., Jackson, R. B., Kinzig, A., Leemans, R., Lodge, D. H., Mooney, H. A., Oesterheld, M., Leroy Poff, N., Sykes, M. T., Walker, B. H., Walker, M. y Wall, D. H.** 2000: "Global biodiversity scenarios for the year 2100". *Science*, 287 (5459), 1770-1774. <http://dx.doi.org/10.1126/science.287.5459.1770>
- Sanson, L. M. y Hernández, F. G.** 2018: "Apropiación territorial y recursos hídricos en la cuenca de los ríos Grijalva y Usumacinta, México". *Agua y Territorio*, 12, 133-144. <http://doi.org/10.17561/at.12.3505>
- Santos Junior, A. E. y Rossetti, D. F.** 2003: "Paleoambiente e estratigrafia da Formação Ipixuna, área do Rio Capim, leste da Sub-bacia de Cametá". *Revista Brasileira de Geociências*, 33, 313-324.
- Santos, J. C., Homma, A. K. O., Sena, A. L. S., Gomes Júnior, R. A., Menezes, A. J. E. A. Y Monteiro, K. F. G.** 2014: *Desempenho socioeconômico do sistema produtivo familiar de dendê em Moju, Estado do Pará*. Belém, Embrapa Amazônia Oriental.
- Silva, E. M. y Navegantes-Alves, L.** 2017: "L'occupation de l'espace par le palmier à l'huile et ses effets sur la production agricole familiale en Amazonie orientale". *CONFINS*, 30. <http://doi.org/10.4000/confins.11843>
- Silva, M. S. R., Miranda, S. A. F. y Santana, G. P.** 2016: "Bacia Hidrográfica do Rio Amazonas: Condições de suas águas versus Resolução N° 357/CONAMA/2005". *Scientia Amazônia*, 6, 2, 83-90.
- Soares Junior., A. V., Costa, J. B. S. y Hasui, Y.** 2008: "Evolução da margem atlântica equatorial do Brasil: três fases distensivas". *Geociências*, 27, 4, 427-437.
- Toledo, L. G. y Nicoletta, G.** 2002: "Índice de qualidade de água em microbacias sob uso agrícola e urbano". *Scientia Agricola*, 59, 1, 181-186. <http://doi.org/10.1590/S0103-90162002000100026>
- Umbuzeir O. G. A., Kummrow, F. y Rei, F. F.C.** 2010: "Toxicologia, padrões de qualidade de água e a legislação". *INTERFACEHS*, 5, 1, 1-15.
- Varol, M., Gökot, B., Bekleyen, A. y Şen, B.** 2012: "Spatial and temporal variations in surface water quality of the dam reservoirs in the Tigris River basin, Turkey". *Catena*, 92, 11-21. <http://doi.org/10.1016/j.catena.2011.11.013>
- Vasquez, M. L. y Rosa-Costa, L. T.** 2008: *Geologia e Recursos Minerais do Estado do Pará: Sistema de Informações Geográficas - SIG, texto explicativo dos mapas Geológico e Tectônico e de Recursos Minerais do Estado do Pará*. Belém, CPRM - Serviço Geológico do Brasil, 328 p.
- Wang, Y., Liu, C., Liao, P. y Lee, J.** 2014: "Spatial pattern assessment of river water quality: implications of reducing the number of monitoring stations and chemical parameters". *Environmental Monitoring and Assessment*, 186, 3, 1781-1792. <http://doi.org/10.1007/s10661-013-3492-9>
- Watrin, O. S, Gerhard, P. y Maciel, M. N. M.** 2009: "Dinâmica do uso da terra e configuração da paisagem em antigas áreas de colonização de base econômica familiar, no nordeste do estado do Pará". *Geografia*, 34, 3, 455-472.



Normas para la entrega de originales de las secciones Dossier, Miscelánea y Reseñas

- La revista *Agua y Territorio / Water and Landscape (AYT-WAL)* comienza a publicar 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.
- 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 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

Guidelines for Submission of Manuscripts for the Dossier, Miscellaneous and Reviews sections

- The journal *Agua y Territorio / Water and Landscape (AYT-WAL)* has started to publish 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

mismo) o para el apartado de Miscelánea o Re-señas.

- 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 y en inglés, resumen en los dos idiomas (y en portugués, francés o italiano si es el caso de la lengua del artículo), con una extensión máxima de 150 palabras cada resumen. El resumen indicará el objetivo del artículo, 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 ambos idiomas, más el tercer idioma si el artículo está escrito en uno diferente al castellano e inglés. 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 sangrados y notas. Las notas a pie de página deben ser breves y no pueden incluir tablas ni gráficos. Cada

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 and English, an abstract in both languages (and in Portuguese, French or Italian if it is the language of the article), with a maximum length of 150 words 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

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 la maquetación final del artículo no necesitando su inclusión en la propia imagen.
- 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.

- 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 autores se citan los apellidos de ambos autores separadas por la conjunción “y” o “e” cuando el apellido del siguiente autor empieza por “i” latina. En el caso de que la cita corresponda a una referencia bibliográfica que esté en inglés, se utiliza “&”. En francés, “et”. En italiano y portugués, “e”.
Ejemplos:
García Toledo, Pérez Toledo y López Moreno, 2004, 55-63.
Aguilar Rojas, López Ituarte e Iza, 2009, 23.
Wolf, Yoffe & Giordano, 2003, 30.
Tiran et Boutillier, 2015, 125.
Esposito e Bianchi, 2012, 30.
Pochapski e 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 authors, the last names of both authors are cited, separated by “y”, or “e” when the last name of the second author begins with a Latin “i” in Spanish. If the citation corresponds to a bibliographic reference that is in English, “&” is used, “et” in French, and “e” in Italian and Portuguese.
Examples:
García Toledo, Pérez Toledo y López Moreno, 2004, 55-63.
Aguilar Rojas, López Ituarte e Iza, 2009, 23.
Wolf, Yoffe & Giordano, 2003, 30.
Tiran et Boutillier, 2015, 125.
Esposito e Bianchi, 2012, 30.
Pochapski e 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

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 e iniciales de cada autor, año de publicación, título en cursiva, lugar y país (entre paréntesis), editorial y DOI.
 - **Revista:** apellidos en minúscula, iniciales del nombre, año, título entrecomillado, nombre de la revista en cursiva, volumen y número de la revista (entre paréntesis), páginas y DOI.
 - 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, E. 2017: “La Red Social del Abasto Urbano: Aguadores y fiadores en Zacatecas, México (siglo XIX)”. *Agua y Territorio*, 9, 11-21. <https://doi.org/10.17561/at.v0i9.3473>.
- En caso de que se citen varios trabajos del mismo autor y año se deberán marcar con letras (a, b...).

Ejemplos:

Libro:

- García, M. J. 2007a: *Agua y Salud en la primera mitad del siglo XX*. Madrid (España), Tecnos.
- 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.
- Aguilar Rojas, G. e Iza, A. (Eds.) 2009: *Gobernanza de aguas compartidas. Aspectos jurídicos e institucionales*. San José (Costa Rica), UICN Oficina Regional de Mesoamérica.

of hypotheses than that found entangled in the data”¹.

- 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:** authors' last name in lower case and initials of each author, year of publication, title in italics, place and country (in brackets), publisher and DOI.
 - **Journal:** authors' last name in lower case, initials of the name, year, title in quotes, name of the journal in italics, volume and number of the journal (in parentheses), pages and DOI.
 - 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, E. 2017: “La Red Social del Abasto Urbano: Aguadores y fiadores en Zacatecas, México (siglo XIX)”. *Agua y Territorio*, 9, 11-21. <https://doi.org/10.17561/at.v0i9.3473>.
- If several works by the same author and year are quoted, they should be marked with letters (a, b...).

Examples:

Book:

- García, M. J. 2007a: *Agua y Salud en la primera mitad del siglo XX*. Madrid (España), Tecnos.
- 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.
- Aguilar Rojas, G. e Iza, A. (Eds.) 2009: *Gobernanza de aguas compartidas. Aspectos jurídicos e institucionales*. San José (Costa Rica), UICN Oficina Regional de Mesoamérica.

Ávila Quijas, A. O., Gómez Serrano, J., Escobar Ohmstede, A. y Sánchez Rodríguez, M. (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.

Société Internationale Jean-Baptiste Say (Ed.) 2015: *Et Jean-Baptiste Say...crée l'Entrepreneur*. Bruxelles (Belgique), P.I.E. Peter Lang. <https://doi.org/10.3726/978-3-0352-6525-5>

Capítulo de libro o libro colectivo:

González, P. 2006: "El abastecimiento urbano de agua en Andalucía", en Pérez, J. y González, M. (Coords.), *Agua, territorio y patrimonio*. Cáceres (España), Junta de Extremadura, 19-44.

Wolf, A. 1999: "Water wars" and water reality: Conflict and Cooperation Along International Waterways", en Lonergan, S. C. (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, J. M. 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, M. T. P. e Günter, W. M. R. 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, A., Yoffe, S. & Giordano, M. 2003: "International waters: identifying basins at risk". *Water policy*, 5 (1), 29-60. <https://doi.org/10.2166/wp.2003.0002>

Cini, R., Rosanelli, C. e Cunha, T. 2018: "Soberania alimentar na interseção entre bioética e direitos humanos: uma revisão integrativa da literatura". *Revista Bioética y Derecho*, 42, 51-69.

Tesis:

López Aguilar, A. 2001: *La problemática del agua en Chile*, tesis doctoral, Universidad Autónoma de Barcelona, Barcelona (España).

Página web:

Agencia Latinoamericana de Información (ALAI) 2014: *Declaración de Suyul*. <https://www.alainet.org/es/active/77239>. Consulta realizada el 7 de febrero de 2015.

Ávila Quijas, A. O., Gómez Serrano, J., Escobar Ohmstede, A. y Sánchez Rodríguez, M. (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.

Société Internationale Jean-Baptiste Say (Ed.) 2015: *Et Jean-Baptiste Say...crée l'Entrepreneur*. Bruxelles (Belgique), P.I.E. Peter Lang. <https://doi.org/10.3726/978-3-0352-6525-5>

Book chapter or collective book:

González, P. 2006: "El abastecimiento urbano de agua en Andalucía", en Pérez, J. y González, M. (Coords.), *Agua, territorio y patrimonio*. Cáceres (España), Junta de Extremadura, 19-44.

Wolf, A. 1999: "Water wars" and water reality: Conflict and Cooperation Along International Waterways", en Lonergan, S. C. (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 the doi):

Matés-Barco, J. M. 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, M. T. P. e Günter, W. M. R. 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, A., Yoffe, S. & Giordano, M. 2003: "International waters: identifying basins at risk". *Water policy*, 5 (1), 29-60. <https://doi.org/10.2166/wp.2003.0002>

Cini, R., Rosanelli, C. e Cunha, T. 2018: "Soberania alimentar na interseção entre bioética e direitos humanos: uma revisão integrativa da literatura". *Revista Bioética y Derecho*, 42, 51-69.

Thesis:

López Aguilar, A. 2001: *La problemática del agua en Chile*, tesis doctoral, Universidad Autónoma de Barcelona, Barcelona (España).

Website:

Agencia Latinoamericana de Información (ALAI) 2014: *Declaración de Suyul*. <https://www.alainet.org/es/active/77239>. Consulta realizada el 7 de febrero de 2015.

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 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

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 elemen-

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.

tos 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 en minúscula, 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).
- 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

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, 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).
- 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, ventos, 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:



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://mj.l.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>



Dossier

La gestión del agua en España, México y Argentina: estudios de caso5

Water management in Spain, Mexico and Argentina: case studies

Guillermo Banzato

Silvina Belmonte; Emilce de las Mercedes López; María de los Ángeles García

Identificación de áreas prioritarias para la gestión del agua en el Chaco salteño, Argentina

Identification of priority areas for water management in the Chaco salteño, Argentina7

Aldo Antonio Casteñeda Villanueva

Evolución de la gestión del agua en municipios de México: Estudio de un Organismo Público Descentralizado en Los Altos de Jalisco (2013-2018)

Evolution of Municipal Water Management in Mexico: A Study of a Decentralized Public Agency in Los Altos de Jalisco (2013-2018)33

Enrique Castillo-Figueroa

La población en riesgo y la calidad del agua al sur de la Zona Metropolitana de Guadalajara (Jalisco, México)

The population at risk and the quality of the water in the south of the Guadalajara Metropolitan Area (Jalisco, México)55

Encarnación Moral Pajares; Leticia Gallego Valero; Francisco García Moral; Isabel M. Román Sánchez

Depuración de Aguas Residuales y uso De Aguas Regeneradas: Un Análisis Descriptivo del Caso de la Provincia de Jaén

Wastewater Treatment and Use of Reclaimed Water: A Descriptive Analysis of The Case of The Province of Jaén77

Guillermo Banzato

Tendencias seculares e innovaciones en la gestión de las obras hidráulicas en la cuenca del río Salado (provincia de Buenos Aires, Argentina, 1875-1915/1983-2018)

Secular Trends and Innovations in the Management of Hydraulic Works in the Salado River Basin (Province of Buenos Aires, Argentina, 1875-1915/1983-2018)93

Miscelánea

Jesús Rosino-Rosino; José Luis Legido-Soto; María Lourdes Mourelle-Mosqueira; Carmen Paula Gómez-Pérez; Jesús Raúl Navarro-García

La Peloterapia: historia, características y propiedades

Pelotherapy: history, characteristics and properties111

Aline Maria Meiguins de Lima; José Augusto Martins Corrêa; Letícia Magalhães da Silva; Susane Cristini Gomes Ferreira

Análise da relação entre a paisagem e a hidrogeoquímica da bacia hidrográfica do rio Moju, Amazônia Oriental-Brasil

Analysis of the relationship between landscape and hydrogeochemistry of the Moju river basin, Eastern Amazon-Brazil131

Normas de publicación / Journal policies151