

Impluvium

Publicación digital de la Red del Agua UNAM
Número 15, Abril - Junio 2021



**Experiencias en el análisis y
gestión del agua subterránea**



PRESENTACIÓN

A través de la historia, las personas alrededor del mundo han utilizado el agua subterránea como fuente para abastecimiento y muchas civilizaciones se desarrollaron alrededor de ríos y manantiales. El agua subterránea se encuentra en los poros y/o fisuras de los diferentes materiales geológicos y se mueve a través de estos espacios interconectados.

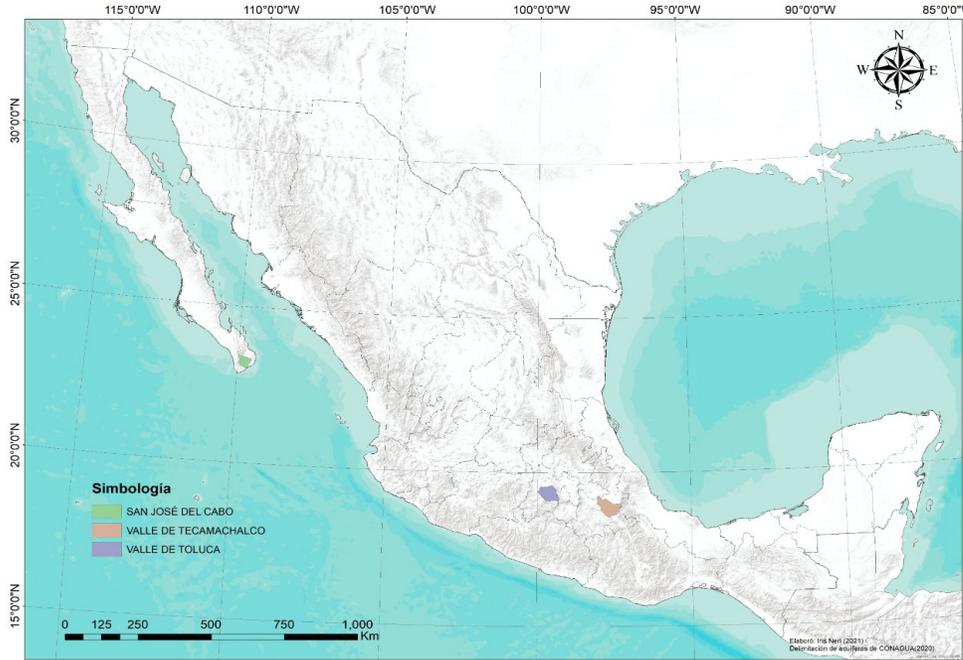
Se estima que de toda el agua dulce del planeta, el 68.9% está en los glaciares, el 30.8% es agua subterránea y el 0.3% está en lagos y ríos¹. El agua subterránea tiene importantes funciones en el ciclo hidrológico, ya que las descargas de agua subterránea son fuentes de ríos, lagos, manantiales, humedales y su salida al mar contribuye al enrique-

cimiento de nutrientes para la flora y fauna marina, además de regular la salinidad de los océanos.

En la Ley de Aguas Nacionales se define al acuífero como “cualquier formación geológica o conjunto de formaciones geológicas hidráulicamente conectados entre sí, por las que circulan o se almacenan aguas del subsuelo que pueden ser extraídas para su explotación, uso o aprovechamiento y cuyos límites laterales y verticales se definen convencionalmente para fines de evaluación, manejo y administración de las aguas nacionales del subsuelo”².

1 <https://www.grida.no/resources/5808>

2 http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/16_060120.pdf



Para fines de gestión, México ha dividido al territorio nacional en 653 acuíferos. En este número se presentan tres análisis: en el acuífero de San José del Cabo, Baja California Sur; en el acuífero de Valle de Tecamachalco, Puebla, y la situación de las Ciénegas de Lerma en el acuífero Valle de Toluca.

Un destino turístico sol y playa es Los Cabos, en donde el agua subterránea se aprovecha principalmente por ser una zona árida. En su artículo, los autores nos plantean una reflexión entre la importancia del agua subterránea para fines económicos y la necesidad de garantizar el derecho humano al agua y servicios ecológicos. En el Valle de Tecamachalco se realizó un análisis de aumento poblacional que derivará en un incremento de la demanda de agua. Se calcula que, en el futuro, habrá un déficit de agua, por lo que se deben empezar a plantear nuevas estrategias ante estos escenarios. Las Ciénegas de Lerma son ecosistemas dependientes de interacciones agua superficial-agua subterránea, en donde la extracción del agua subterránea ha ocasionado un deterioro. Se explora la necesidad de una visión

integral del agua con participación ciudadana en la toma de decisiones.

Una contribución internacional analiza el caso del acuífero Guaraní, compartido entre Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay. El artículo expone que la gestión del agua, tanto superficial como subterránea es un reto, pero puede ser superada mediante estrategias de cooperación que consideren la Agenda 2030.

Los artículos de este número de Impluvium, son una muestra de que los seres humanos tenemos el gran desafío de satisfacer nuestras necesidades y conservar los ecosistemas. Además, nos invitan a la reflexión sobre la necesidad de entender las conexiones hidrológicas del agua subterránea con el agua superficial y de saber que somos parte de un complejo ciclo hidrosocial para alcanzar la seguridad hídrica. 💧

DRA. IRIS NERI FLORES

PROFESORA ASOCIADA

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS SUPERIORES, UNIDAD MÉRIDA



Impluvium

Impluvium es una publicación de la Red del Agua UNAM; puede ser reproducida con fines no lucrativos, siempre y cuando no se mutile, se cite la fuente completa y su dirección electrónica. Los artículos compartidos son responsabilidad exclusiva de los autores y no reflejan necesariamente la opinión de la Red del Agua UNAM o de sus miembros.

Comité editorial:

Dr. Fernando J. González Villarreal
Coordinador Técnico Red del Agua UNAM

M. en C. Jorge Alberto Arriaga Medina
Coordinador Ejecutivo de la Red del Agua UNAM

Mtra. Malinali Domínguez Mares
Coordinadora de Asesores de la
Dirección General del IMTA

Mtra. Ana Gabriela Piedra Miranda
Responsable de comunicación organizacional del
Centro Regional de Seguridad Hídrica
bajo los auspicios de UNESCO

Lic. Michelle de la Trinidad
Asistente de investigación de la
Red del Agua UNAM

Editora invitada:

Dra. Iris Neri Flores
Profesora Asociada

Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad Mérida

Diseño gráfico y formación:

Lic. Joel Santamaría García

Lic. Marie Claire Mendoza Muciño

Publicación digital de la Red del Agua UNAM.
**Número 15, Experiencias en el análisis y gestión
del agua subterránea.**

Abril - Junio 2021

www.agua.unam.mx/impluvium.html

Impluvium es la publicación digital de divulgación de la Red del Agua UNAM, Año 7, No.15, Abril – Junio 2021. Es una publicación trimestral editada por la Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, Delegación Coyoacán, C.P. 04510, Ciudad de México, a través de la Red del Agua de la UNAM, Circuito Escolar, Ciudad Universitaria, Instituto de Ingeniería, edificio 5, Col. Copilco, Del. Coyoacán, C.P. 04510, Ciudad de México, Tel. (55)56233600 ext.8745, <http://www.agua.unam.mx/impluvium.html>, jarriagam@iingen.unam.mx. Editor responsable: M. en C. Jorge Alberto Arriaga Medina. Reserva de Derechos al uso Exclusivo: en trámite., ISSN: en trámite, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número, Red del Agua UNAM, Dr. Fernando J. González Villarreal, Circuito Escolar, Ciudad Universitaria, Instituto de Ingeniería, edificio 5, Col. Copilco, Del. Coyoacán, C.P. 04510, Ciudad de México fecha de la última modificación, Agosto 2021.

CONTENIDO

Presentación 2
DRA. IRIS NERI FLORES

ARTÍCULOS

Challenges for the management and governance of the Guarani Aquifer considering the 2030 Agenda and the Sustainable Development Goals 7
MARIA LUÍSA TELAROLLI A. LEITE
FABIANA PEGORARO SOARES
ISABELA BATTISTELLO ESPÍNDOLA

Disponibilidad y demanda de agua en el acuífero Valle de Tecamachalco, Puebla, en el período 2019 – 2070. 14
LUIS ALBERTO VILLARREAL MANZO

La gestión de agua en zonas áridas con actividad turística. El caso de los cabos y el acuífero San José del Cabo, Baja California Sur 21
M.A. IMAZ LAMADRID
M.V. GUTIÉRREZ GONZÁLEZ
A.E. GÁMEZ VÁZQUEZ
J. WURL

Extracción intensiva de agua subterránea y la supervivencia de las Ciénegas de Lerma, Estado de México, México 27
ELOÍSA DOMÍNGUEZ MARIANI
CARLOS VARGAS CABRERA
ABIGAIL MARTÍNEZ
JACOBO SANDOVAL GUTIÉRREZ

CHALLENGES FOR THE MANAGEMENT AND GOVERNANCE OF THE GUARANI AQUIFER CONSIDERING THE 2030 AGENDA AND THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS

MARIA LUÍSA TELAROLLI A. LEITE
FABIANA PEGORARO SOARES
ISABELA BATTISTELLO ESPÍNDOLA
UNIVERSITY OF SÃO PAULO

Introduction

The management and governance of transboundary waters, both superficial and groundwater, is a challenge to countries that share those resources. Different norms, institutions, processes, and interests influence the interactions around this shared water, which can result, in some cases, in disputes. Despite this conflicting potential, transboundary waters are also capable of inciting cooperation processes. The United Nations, through the 2030 Agenda and the Sustainable Development Goals (SDGs), recognize these characteristics of strong waters and identify them as key elements for achieving sustainable development.

Aiming to contribute to the debate on the management and governance of transboundary waters and considering the guiding role of the SDGs and the 2030 Agenda, this article analyzes the proposed management of the Guarani Aquifer, located in South America and shared by Argentina, Brazil, Paraguay, and Uruguay (Figure 1). It has an area of approximately 1.1 million km², with the largest portion of its waters in Brazilian territory, a country that is also the largest user of its waters (Foster et al., 2009).

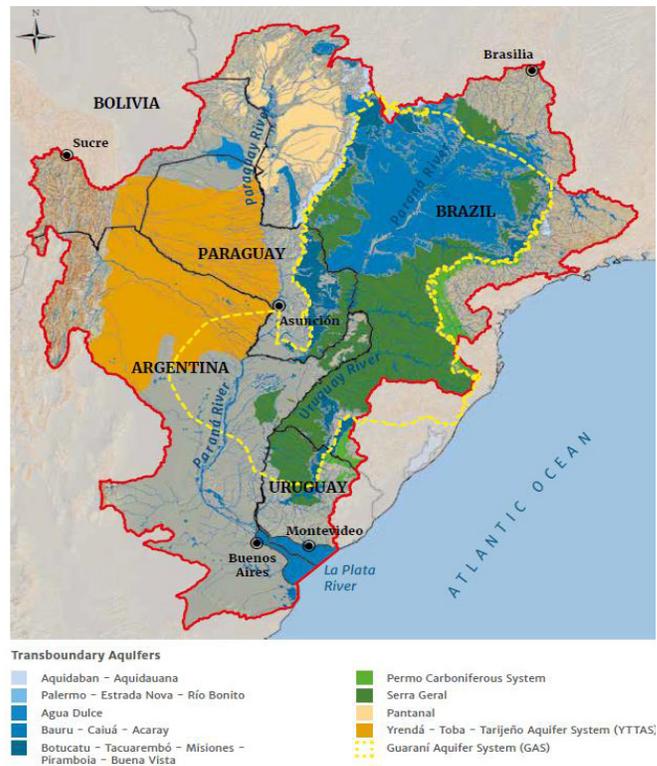
Therefore, the proposed analysis starts from both the Guarani Aquifer Agreement and the institutional framework of the Intergovernmental Coor-

dinating Committee of the La Plata Basin (CIC), considered as a possible place for the joint management of this transboundary groundwater. Furthermore, the assumptions of the 2030 Agenda and the SDG are briefly presented, focusing on the transboundary water theme.

Development

The discussions around the Guarani Aquifer have been the main focus of studies among academics from the four countries throughout the 1990s, attracting the interest of international organizations, such as the World Bank and the Global Environmental Facility (GEF) (Santos, 2020). In the 2000s, the discussions revived with the launch of the “Project for the Environmental Protection and Sustainable Development of the Guarani Aquifer System” in 2003 and a possible transboundary water cooperation agreement. The Project was financed by the GEF, implemented by the World Bank, and executed by the Organization of American States. Furthermore, several technical, aca-

Figure 1 – Transboundary aquifers of the La Plata Basin



Source: CIC, 2017b, p.46

demic, and diplomatic actors were involved in the Project.

The Project was completed in 2009 and the Guarani Aquifer Agreement (GAA) was signed in 2010, during the presidential meeting of the Southern Common Market (Mercosur), based on United Nations Resolution 63/124 on the International Law of Transboundary Aquifers. With the new Agreement, questions emerged about the organization that would be responsible for managing the Aquifer. At first, Mercosur was considered (Leite, Ribeiro, 2018), however, under Article 15 of the Agreement itself, CIC was chosen.

CIC is a river basin organization created in 1967 to institutionalize water management, coordinate transboundary water cooperation actions, and promote the harmonious development of the La Plata Basin region (Espindola, 2019). The La Plata Basin is the second-largest transboundary hydrographic basin in South America, shared by Argentina, Bolivia, Brazil, Paraguay, and Uruguay, and responsible for the production of more than 70% of the region's GDP. It is one of the main areas of

economic and social development in South America, encompassing all five capitals of the riparian countries and containing a population of over 100 million people (CIC, 2017a).

Concerning the Guarani Aquifer, CIC highlights its importance and relevance by including it within its Transboundary Diagnosis Analysis (TDA) and the Strategic Action Program (SAP). With TDA and SAP, CIC promoted a diagnosis of the groundwater and aquifer systems of the La Plata Basin to gather relevant data to understand how the water resources were being used. As a result, it was possible to demonstrate the increased use and the industrial and agricultural impacts on groundwater quality (CIC, 2017a).

CIC also connects the 2030 Agenda and the SDGs with the treatment of its groundwater resources. The 2030 Agenda and the SDGs are a contemporary milestone for sustainable development, aiming at improving and continuing the actions proposed by Agenda 21 and the Millennium Development Goals (MDGs). Adopted in 2015 by the UN General Assembly, the 2030 Agenda conta-

ins 17 Sustainable Development Goals (SDG) and 169 targets. Within its goals and targets, the 2030 Agenda possess five objectives and forty targets directly linked to environmental issues, including one fully dedicated to water resources: SDG 6 ‘Clean water and sanitation.

When compared to the previous MDGs, which had only one target for water, focused access to drinking water and sanitation, SDG 6 is much more complete (UN, 2020). Besides the access to water and sanitation, SDG 6 covers aspects of improvement of water quality and sanitation services, waste of treated water, quality of water sources, efficiency, water stress, integrated management of water resources, protection and restoration of water-related ecosystems, agreements, and cooperation in transboundary basin areas and the participation of local communities in decisions about water and sanitation.

Concerning transboundary water, SDG 6 has the following targets: target 6.5 “implement integrated water resources management at all levels, including through transboundary cooperation, as

appropriate”; target 6.5.1 "degree of integrated water resources management implementation"; target 6.5.2 “proportion of transboundary basin area with an operational arrangement for water cooperation" (UN, 2021). By associating transboundary waters management, cooperation, conflicts, and other related issues to sustainable development, the 2030 Agenda and the SDGs emerge as guidelines for achieving the benefits of shared water management. In addition, Sadoff, Borgomeo & Uhlenbrook (2020) remember that while MDGs was directed to the poorest countries, SDGs have a global focus, recognizing that water and sanitation are human rights, and by this should be ensured to all (UN, 2018).

Nevertheless, it is noticeable that the incorporation of the groundwater theme is still incipient when compared to the development of the institutional framework for surface waters in the La Plata Basin. Another challenge lies with the asymmetry of legislation for groundwater between the countries of the Guarani Aquifer (Leite, Ribeiro, 2018). The legal harmonization is still not addressed by the

CIC. Another aspect that should be taken into consideration is that not all CIC's members are part of the Aquifer. If we take into account the sovereignty of countries such as Brazil during the negotiations for the signing of the GAA (Santos, 2020), this point can lead to an inflection in establishing the CIC as an instance to treat subject.

The GAA only came into force at the end of last year. It is still difficult to make clear predictions about its referral or which organization will be chosen to host the Guarani Commission. Even a new project for the management of the Guarani Aquifer is paralyzed (Villar, 2020). The discussion around several aspects of the commission remains open. Considering the important work towards strengthening data exchange, which has dropped dramatically since the signing of the Agreement, it is relevant to harmonize legal instruments, such as well protection areas and groundwater permits, among other issues. Since the agreement did not mention the aquifer recharge zones with greater natural vulnerability and more likely to create conflict, an organization is needed to prospect instruments for the

management of these zones, like the areas of Rivera (UY), Santana do Livramento (BR), Salto (UY) and Concordia (AR).

According to Article 17 of the Agreement, the Commission could make recommendations in case of conflicts, but it can only play this role with the consent of the parties and, taking into account that the recommendations are not binding. (Villar, Ribeiro, 2013).

Final considerations

The Guarani Aquifer Agreement is a newborn water cooperation framework. Questions remain open on how it will be implemented, how it will proceed, and if a specific commission will be developed to ensure that all the objectives of the treaty are achieved. Regarding the CIC role, its common intergovernmental characteristic, and shared interests with the GAA are a plus. This could ultimately facilitate sovereignist actions by the signatory countries of the Aquifer. However, it should be noted that groundwater management, even though they are part of CIC's plans, as well as its search for compliance with the SDGs, is still incipient and not clear about how it would impact the joint management for the Guarani. 💧

References

- CIC (2017a). *Aguas Subterráneas en la Cuenca del Plata*. (1a ed.). Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Comité Intergubernamental Coordinador de los Países de la Cuenca del Plata - CIC; Estados Unidos: Organización de los Estados Americanos - OEA, 2017.
- CIC (2017b). *Transboundary diagnostic analysis-TDA and strategic action program-SAP of the La Plata Basin: executive summary* (1a ed.). Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Comité Intergubernamental. Coordinador de los Países de la Cuenca del Plata – CIC; Estados Unidos: Organización de los Estados Americanos – OEA.
- Espindola, I. B. (2019). Intergovernmental Coordinating Committee of the countries of the La Plata Basin (CIC) role in the South-American transboundary water governance. *Impluvium*, Cidade do México, v. 8, n. jul-set, p. 48–55.
- Foster, S. (2009). *The Guarani Aquifer initiative –towards realistic groundwater management in a transboundary context*. Case profile collection n. 9. GW-MATE/The World Bank. Available: http://siteresources.worldbank.org/INTWAT/Resources/GWMATE_English_CP_09.pdf Access 22-06-2020

Leite, M.L.T.A., Ribeiro, W.C. (2018). The Guarani Aquifer System (Gas) and the Challenges for Its Management. *Journal of Water Resource and Protection*, v.10, (p.1222 – 1241).

Santos, C.S.L. (2020) O sistema aquífero guarani e o banco mundial: neoliberalismo, soberania e hidropolítica. Tese (Doutorado em Ciência Ambiental). Programa de Pós-Graduação em Ciência Ambiental. Instituto de Energia e Ambiente. São Paulo: Universidade de São Paulo.

Sadoff, C. W., Borgomeo, E., Uhlenbrook, S. (2020). *Rethinking water for SDG 6. Nature Sustainability*, v.3, p. 346–347, 2020. Doi:10.1038/s41893-020-0530-9

United Nations. (2018). *Sustainable Development Goal 6: Synthesis Report on Water and Sanitation*. Nova York: United Nations.

United Nations. (2020). *Goal 7: Ensure Environmental Sustainability*. Available: <https://www.un.org/millenniumgoals/environ.shtml>.

United Nations. (2021). *Ensure availability and sustainable management of water and sanitation for all*. Available: <https://sdgs.un.org/goals/goal6>.

Villar, P. C. (2020). The Agreement on the Guarani Aquifer enters into force: what changes now? International Water Law Project Blog. Available: <https://www.internationalwaterlaw.org/blog/2020/11/16/the-agreement-on-the-guarani-aquifer-enters-into-force-what-changes-now/>.

Villar, P.C., Ribeiro, W.C. (2013). *The Agreement on the Guarani Aquifer: Cooperation without conflict*. Global Water Forum, September 2nd. Available: <https://globalwaterforum.org/2013/09/02/the-agreement-on-the-guarani-aquifer-cooperation-without-conflict/>.

DISPONIBILIDAD Y DEMANDA DE AGUA EN EL ACUÍFERO VALLE DE TECAMACHALCO, PUEBLA, EN EL PERÍODO 2019 – 2070

LUIS ALBERTO VILLARREAL MANZO
COLEGIO DE POSTGRADUADOS

Resumen

El presente estudio tuvo el propósito de proyectar escenarios futuros sobre las demandas y disponibilidades de agua subterránea del acuífero Valle de Tecamachalco, Puebla, de acuerdo con sus diferentes usos consuntivos. La metodología empleada en el estudio fue la de investigación bibliográfica y documental, además de la cuantitativa a través del cálculo y la estimación de requerimientos de riego de los cultivos mediante el método de Penman-Monteith. La integración de la información consultada y generada permitió la construcción de escenarios oficiales, calculados y ajustados sobre la disponibilidad y la demanda de agua subterránea en

el acuífero, realizándose, a la vez, comparaciones y conclusiones entre los mismos escenarios.

Los resultados obtenidos respecto a la disponibilidad y la demanda de agua subterránea, de acuerdo con datos calculados y ajustados para el período 2019-2070, muestran un ligero superávit de alrededor del 8.19% para el año 2019, reduciéndose éste paulatinamente en los años siguientes hasta llegar al 26.13% de déficit para el año 2070. Esto significa que habrá un déficit de agua subterránea en el acuífero Valle de Tecamachalco durante prácticamente todo el período estudiado, que irá aumentando paulatinamente por lo que se deberán implementar, con carácter de urgente, medidas tendentes a un

uso y aprovechamiento sustentable y, a la vez, orientadas a su conservación.

Palabras clave: Uso consuntivo, déficit, uso eficiente, agua subterránea.

Introducción

El presente estudio se enmarca en la creciente preocupación de la población, los diferentes órganos de gobierno, los productores agropecuarios, los industriales y los proveedores de servicios, usuarios todos del agua subterránea de los acuíferos que forman parte de las cuencas y sub-cuencas de las regiones hidrológicas administrativas de la República Mexicana, respecto a la actual disponibilidad y demanda de agua subterránea y las perspectivas de disponibilidades futuras.

A partir de un análisis de información y datos oficiales, se realiza una proyección de escenarios futuros –a poco más de 50 años, de la fecha actual– sobre las demandas y disponibilidades de agua subterránea del acuífero Valle de Tecamachalco, esto de acuerdo a los diferentes usos consuntivos del agua subterránea, a saber: agrícola, urbano e industrial y otros usos.

Aunado a lo anterior y partiendo de la premisa de que en las actividades agropecuarias se realiza un mayor uso consuntivo de los recursos hídricos, en ocasiones en más del 80% de los volúmenes disponibles y concesionados oficialmente, se estimaron los requerimientos y los volúmenes de riego de cada uno de los cultivos que formaron parte del patrón de cultivos establecidos, bajo condiciones de riego, en el año 2019, en el área de influencia del acuífero Tecamachalco.

Desarrollo de la investigación

La metodología empleada en el presente estudio fue la de investigación bibliográfica y documental, además de la cuantitativa, a través del cálculo y la estimación de requerimientos de riego de los cultivos mediante el método de Penman-Monteith.

La integración y conjunción de la información consultada y generada permitió la construcción de escenarios oficiales y ajustados sobre la disponibilidad y la demanda de agua subterránea en el acuífero Valle de Tecamachalco en el período 2019-2070, realizándose, a la vez, comparaciones y conclusio-

nes entre los mismos escenarios construidos. Finalmente, se establecen una serie de recomendaciones, en particular sobre uso del agua en actividades agrícolas, tendientes a realizar un uso más eficiente y racional del agua.

Parte del análisis, y ante la necesidad de contar con información sobre superficies y láminas de riego por cultivo, se enfocó en determinar los volúmenes de agua requeridos por el patrón de cultivos establecido bajo riego en el año 2019 en el área de influencia del acuífero Valle de Tecamachalco, de acuerdo con datos del Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP, 2019), a partir de la estimación de las láminas de riego por cultivo. Para ello, se estimaron los requerimientos de riego del patrón de cultivos utilizando el método de estimación de Penman-Monteith. El volumen total requerido por el patrón de cultivos establecido se afectó por el 51.47%, mismo porcentaje que representa la eficiencia media de requerimiento de riego, obtenida de trabajos experimentales llevados a cabo en la región bajo estudio (Villarreal, 1994, p. 78).

En la construcción de los escenarios oficiales y ajustados respecto a la disponibilidad y demanda de agua en el acuífero Valle de Tecamachalco, de acuerdo con su uso por los diferentes sectores productivos (primario y secundario) y al aprovisionamiento a la población de las localidades y municipios que forman parte del área de influencia del acuífero, se siguió el siguiente procedimiento:

Con información de los documentos *“Panorama sociodemográfico de Puebla, Tomos I y II”*, del año 2011, se contabilizó la población existente en el año 2010 en cada uno de los 31 municipios que forman parte del área de influencia del acuífero. Con información del Instituto Nacional de Geografía, Estadística e Informática (INEGI) se obtuvo los datos de la población existente para los años 2011 a 2015. Con información del Consejo Nacional de Población (CONAPO), y de acuerdo a las tasas de natalidad para los municipios estudiados, y utilizando tendencias lineales (método del mínimo cuadrado), se realizó la proyección de crecimiento poblacional hasta el año 2070. Para su análisis particular, la población total se dividió en población urbana

y población rural, correspondiendo un 72% a la urbana y el restante 28% a la rural. La demanda de la población utilizada en la construcción del escenario oficial se determinó considerando que la población urbana tiene una demanda de 150 litros por habitante por día. Por su parte, la población rural demanda 75 litros por habitante por día. Ambas demandas se encuentran muy por debajo de los 320 litros por habitante por día que la CONAGUA reporta y son más cercanos a los 100 a 150 litros por persona por día que la Organización Mundial de la Salud (OMS) sugiere como consumo personal para cubrir necesidades básicas y evitar la mayor parte de los problemas de salud. (Derechos Humanos de la ONU, OMS, 2011, p. 9).

Resultados

De acuerdo con datos oficiales, los 29 municipios que conforman el acuífero Valle de Tecamachalco, con una población total de 794,193 habitantes, demandaron un volumen de agua total de 37'394,577 m³ en el año 2010. Para el año 2019, la población proyectada fue de 871,436 habitan-

tes, misma que demandaría un volumen total de 40'294,843 m³; 77,243 habitantes más respecto al año 2010 y 2'900,266 m³ de agua adicional. Para el año 2070, la proyección de acuerdo con datos de CONAPO y de los resultados obtenidos aplicando tendencias lineales (método de mínimos cuadrados), la población total será de 1'149,989 habitantes, misma que demandará un volumen de agua total de 54'147,235 m³; 278,553 habitantes más que en el año 2019 y 13'852,392 m³ de agua adicional al mismo año.

Conforme a datos ajustados, y considerando un consumo de agua de 100 litros por día por habitante de localidades urbanas y de 50 litros por día por habitante de localidades rurales, los 29 municipios que conforman el acuífero Valle de Tecamachalco, con una población de 855,789 habitantes, misma que demandó un volumen de agua total de 26'863,229 m³; 61,596 habitantes más respecto al año 2010 y 1'933,511.00 m³ de agua adicional. Conforme a lo anterior, el superávit o déficit de agua subterránea, de acuerdo a datos oficiales, para el período 2019-2070 fue de +1.56% para el año 2019, disminuyendo éste

paulatinamente en los años subsecuentes hasta llegar al 35.92% de déficit para el año 2070 (Cuadro 1 y véase Figura 1).

Cuadro 1. Disponibilidad y demanda de agua subterránea del acuífero Valle de Tecamachalco, de acuerdo con datos oficiales, en el período 2019 - 2070

Año	Demanda de agua subterránea (m ³)	Disponibilidad de agua subterránea (m ³)	%	Superávit/ déficit
2019	202,993,871.16	206,202,251.00	98.44	1.56
2020	211,368,151.53	202,078,205.98	104.60	-4.60
2030	222,787,660.17	196,015,859.80	113.66	-13.66
2050	236,510,215.72	190,135,384.01	124.39	-24.39
2070	250,673,196.55	184,431,322.49	135.92	-35.92

Por otra parte, la disponibilidad y la demanda de agua subterránea, de acuerdo con datos ajustados, para el período 2019-2070, muestran un superávit de alrededor del 8.19% para el año 2019, disminuyendo paulatinamente en los años subsecuentes hasta

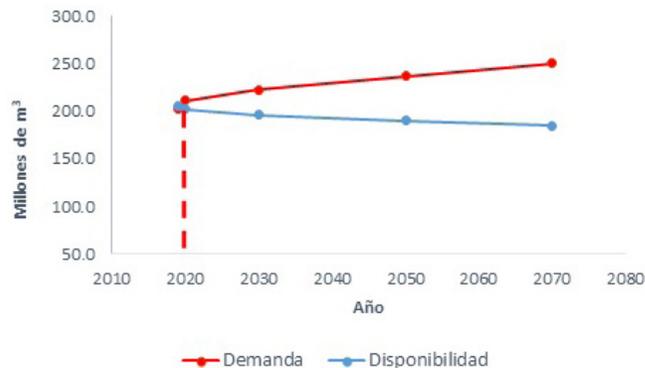


Figura 1. Disponibilidad y demanda de agua subterránea del acuífero Valle de Tecamachalco, de acuerdo a datos oficiales, en el período 2019 – 2070.

llegar al 26.13% de déficit para el año 2070. Se observa que, a partir del 2030, en el acuífero Valle de Tecamachalco, habrá un déficit de agua y que éste se irá incrementando paulatinamente (Véase Cuadro 2 y Figura 2).

Cuadro 2. Disponibilidad y demanda de agua subterránea del acuífero Valle de Tecamachalco, de acuerdo a datos calculados y ajustados, en el período 2019 - 2070.

Año	Demanda de agua subterránea (m3)	Disponibilidad de agua subterránea (m3)	%	Superávit/déficit
2019	189,316,689.57	206,202,251.00	91.81	8.19
2020	197,573,346.18	202,078,205.98	97.77	2.23
2030	207,993,333.73	196,015,859.80	106.11	-6.11
2050	220,088,513.38	190,135,384.01	115.75	-15.75
2070	232,624,118.30	184,431,322.49	126.13	-26.13

Conclusiones

Conforme a los escenarios oficiales y ajustados, ambos muestran que el acuífero Valle de Tecamachalco registra en la actualidad un déficit de agua y que éste se irá incrementando paulatinamente en los próximos años. Ante estos escenarios, se sugiere adoptar y llevar a la práctica alternativas sustenta-

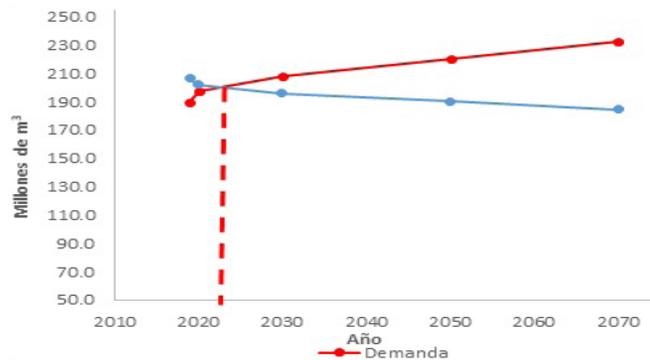


Figura 2. Disponibilidad y demanda de agua subterránea del acuífero Valle de Tecamachalco, de acuerdo a datos calculados y ajustados, en el período 2019 – 2070.

bles para el manejo del agua en el acuífero, tales como:

- Investigación-acción-participativa (IAP).
- Planeación de trabajo en microcuencas hidrográficas.
- Identificación de zonas de recarga del acuífero.
- Reforestación y manejo de bosques.

- Programa de obras de conservación de suelo y agua.

Actualización de censo de aprovechamientos hidráulicos.

- Modernización de la Infraestructura hidráulica.
- Medición de volúmenes extraídos.
- Uso eficiente del agua.
- Tecnificación del riego agrícola.
- Captación, almacenamiento y aprovechamiento del agua de lluvia. 💧

Bibliografía

Organización de las Naciones Unidas. Oficina del Alto Comisionado de las Naciones Unidas para los Derechos Humanos. Organización Mundial de la Salud. (2011). *El derecho al agua*. Folleto informativo no. 35. Ginebra 10, Suiza. Disponible en: www.ohchr.org/Documents/Publications/FactSheet35sp.pdf.

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Gobierno Federal. (2019). *Avances de siembras y cosechas. México, D.F.* Disponible en: https://nube.siap.gob.mx/avance_agricola/.

Villarreal, M. L. A. (1994). *Metodologías de diagnóstico y planeación de la operación de unidades de riego por bombeo*. Tesis de maestría en ciencias. Colegio de Postgraduados, Centro de Hidrociencias. Montecillo, Texcoco, Edo. de México.

LA GESTIÓN DE AGUA EN ZONAS ÁRIDAS CON ACTIVIDAD TURÍSTICA. EL CASO DE LOS CABOS Y EL ACUÍFERO SAN JOSÉ DEL CABO, BAJA CALIFORNIA SUR

M.A. IMAZ LAMADRID
M.V. GUTIÉRREZ GONZÁLEZ
A.E. GÁMEZ VÁZQUEZ
J. WURL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA SUR

Resumen

En Los Cabos, Baja California Sur, destino turístico internacional de sol y playa, la principal fuente de abastecimiento de agua de la población y para las actividades económicas es el acuífero San José del Cabo, que está sobreexplotado. Resolver el alto estrés hídrico que enfrenta la región requiere de una gestión del agua que cambie el manejo económico y residencial, que favorece procesos de apropiación desigual y compromete el equilibrio ecológico.

Introducción

La pandemia por COVID-19 ha puesto de manifiesto la importancia de replantear la gestión local

y global de los recursos naturales, así como de establecer mecanismos que eliminen la desigualdad en su acceso y disfrute. En ese sentido, la crisis sanitaria ha resaltado la centralidad del agua por su rol como elemento soporte de la salud y de la vida, y también por su incidencia en los propios procesos civilizatorios. En la discusión sobre la apropiación del agua suele darse una dicotomía: por una parte, se comprende como bien común y como derecho humano; y, por otra, como bien económico. Esta segunda vertiente propone que, si los procesos de extracción, potabilización, tratamiento y administración del agua implican costos, tendría que considerarse como bien económico o mercancía (Ramos,

2006). Esta idea justifica la privatización del agua, que propicia procesos de extractivismo y de exclusión, incluso sostenidos bajo la idea de la escasez hídrica como un fenómeno natural. De ahí que se resalte la necesidad de proteger el bien común del cual depende también el crecimiento económico (Riechmann, Carpintero, 2014).

Asimismo, en la discusión sobre la disponibilidad y acceso al agua, el rol de los modelos económicos y urbanos predominantes suele disociarse de sus impactos y el privilegio de ciertos sectores. Lo anterior se hace presente en el estado de Baja California Sur, en el noroeste mexicano, cuyo crecimiento económico se ha basado en actividades comerciales, agrícolas y, a partir de los setenta, en el turismo masivo de sol y playa. Los Cabos es el principal destino turístico de la entidad y el tercero más importante en el país. En 2019, su oferta captó a 9.3% de las y los turistas internacionales en México (comunicación personal con Luis Araiza, Secretario de Turismo, Economía y Sustentabilidad de Baja California Sur, en diciembre de 2019). Derivado de la actividad turística, Los Cabos ha generado un

alto crecimiento económico y demográfico que, a su vez, ha propiciado un incremento en la demanda de agua.

Situación y manejo del acuífero San José del Cabo

La demanda de agua del destino turístico y de las poblaciones aledañas se atiende, principalmente, con el acuífero de San José del Cabo (ASJC). El ASJC tiene una extensión de 1,284km² (CONAGUA, 2020). En la zona predominan los climas áridos y semiáridos en las partes bajas y templado en las partes altas (Imaz *et al.*, 2019). Las precipitaciones suelen darse principalmente en el verano, debido a la aproximación de ciclones tropicales y, en menor medida, durante el invierno. El acuífero principal es de tipo libre y corresponde a los sedimentos aluviales del arroyo San José del Cabo; es en esta unidad donde se tiene el mayor volumen de extracciones y en la cual se han realizado los estudios de disponibilidad. En cuanto al cálculo de la recarga, se reportaban 24Hm³ para el año 2009, aumentando a 35.9Hm³ a partir del año 2015 y

hasta la reciente actualización de disponibilidad. Las extracciones han aumentado 379% desde el año 1980, impulsadas por el crecimiento poblacional y turístico. Las variaciones en los cálculos de la recarga media anual, en conjunto con el aumento del volumen de extracción, ha resultado en déficits calculados en el rango de -2.62 a -5.91Hm³ para el periodo 2002-2020.

Datos piezométricos proporcionados por la Comisión Nacional del Agua para el periodo 1990-2016, indican en promedio un aumento marginal de 0.20m con variaciones anuales entre -2.89 y 4.11m (CONAGUA, 2017). Sin embargo, esta red piezométrica no incluye los pozos de alto volumen de extracción del Organismo Operador Municipal del Sistema de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de Los Cabos (OOMSAPAS). En su estudio de disponibilidad más reciente, CONAGUA (2020) presenta un mapa de evolución del nivel estático (periodo 2010-2011) que muestra descensos de hasta 2.5m en la zona donde se ubica la batería de pozos de OOMSAPAS. Al no considerar los pozos de alta extracción en las piezometrías,

se omite el efecto real de la sobreexplotación en el acuífero.

El estero San José del Cabo es un humedal localizado en la desembocadura del arroyo San José y un sistema dinámico en el cual interactúan sistemas naturales complejos. A partir del año 2001, el estero ha experimentado una reducción en la extensión de su flora y cuerpo lagunar, en gran parte, por la reducción de niveles en su límite superior, lo que ha limitado el flujo subsuperficial al cuerpo lagunar (Imaz *et al.*, 2019) y la erosión del terreno debido al impacto de ciclones tropicales. Desde hace varios años, descargas de aguas negras tratadas (provenientes de la Planta de Tratamiento de Aguas Negras) y no tratadas representan un caudal adicional, aunque también significan contaminación por coliformes y otros elementos (PRONATURA, 2010; Saval, 2013; Imaz *et al.*, 2019).

La dimensión socioambiental de la gestión del agua

A la disminución en la disponibilidad de agua en el ASJC, se suma que no toda la cantidad disponible

es de calidad adecuada para consumo humano. Este es el caso de las ciudades de San José del Cabo y Cabos San Lucas, que contienen el corredor costero que conforma el destino turístico de Los Cabos. El crecimiento urbano, que en la última década ha pasado de 68,463 a 202,694 personas (INEGI, 2010; 2020), es un elemento de presión sobre el agua; pero también lo es la alta demanda del sector turístico, que suele tener preeminencia en su acceso y control. De ese modo, los conflictos sociales, políticos, económicos y ecológicos que suelen estar ligados a los ciclos hidrosociales (Simón, Aravena, 2020), se exacerban por la naturaleza árida de esta región del país.

En el corredor turístico de Los Cabos, estudios muestran patrones de distribución del agua en la zona urbana y turística que privilegia a esta última sobre las necesidades de la población (Graciano, 2018). Las instalaciones hidráulicas irrigan, directamente desde el acuífero, las instalaciones turísticas sobre el corredor costero, donde se asientan hoteles y residencias de lujo. Tal situación contrasta con las dificultades en términos de tiempo, acceso, calidad,

cantidad y costo del agua que enfrenta la población, especialmente en las zonas de menores ingresos, lo que cuestiona el pleno disfrute del derecho humano al agua.

Lo anteriormente planteado llama a discutir los tipos y resultados de la gestión y distribución del agua. Por una parte, es necesario un mayor y mejor conocimiento científico y técnico respecto al agua como recurso en un contexto de aridez y escasez pluvial; y, por otro, se requiere discutir la relación Estado-mercado-sociedad, especialmente a la luz de la afectación al pleno ejercicio del derecho humano al agua potable y saneamiento de los habitantes caboenses, ante un paulatino proceso de apropiación desigual.

Conclusiones

Es urgente repensar la vinculación personal y de la sociedad en su conjunto con el agua en tanto que es articuladora de la propia vida, de las relaciones sociales y de la convivencia, de la cual depende no solo el futuro sino la existencia en el presente. Esto es más pertinente aún, considerando las limitacio-

nes hidrogeológicas de regiones áridas como Los Cabos, en donde se depende casi exclusivamente del agua subterránea para atender las necesidades humanas y económicas, lo que debiera ser sin comprometer los balances ecológicos. Sin embargo, ello pasa por reconocer los procesos de desigualdad y poder que giran en torno al agua, de manera que los llamados a desplegar mecanismos de gestión, como la gobernanza, que se sostienen en la idea de equilibrio entre el Estado, la sociedad civil y el mercado, sean efectivamente incluyentes y paritarios. ♦

Bibliografía

- Comisión Nacional del Agua (2017). *Base de datos de piezometría del acuífero San José del Cabo*. Disponible en: sina.conagua.gob.mx/publicaciones/EAM_2017.pdf
- Comisión Nacional de Agua (2020). *Actualización de la disponibilidad media anual del agua en el acuífero San José del Cabo*. CONAGUA. Ciudad de México. Disponible en: https://sigagis.conagua.gob.mx/gas1/Edos_Acuiferos_18/BajaCaliforniaSur/DR_0319.pdf.
- Graciano, J.C. (2018). *Uso, manejo y apropiación del agua en destinos turísticos. El caso del municipio de Los Cabos, Baja California Sur*. Tesis de doctorado UABCS. México: UABCS.
- Imaz, M.A., Wurl, J., y Ramos, R. (2019). *Future of coastal Lagoons in Arid Zones under climate change and anthropogenic pressure. Study from San Jose Lagoon Mexico*. Resources,8(57).
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. (2020). *Censo de Población y Vivienda 2020*. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/default.html>

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. (2010). *Censo de Población y Vivienda 2010*. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/default.html>

Pronatura Noroeste, A.C. (Comp.) (2010). *Plan de Conservación del Estero de San José del Cabo*, B.C.S., México. La Paz, B.C.S. Pronatura Noroeste.

Ramos, S. (2006). *Mercados de agua*. Repositorio Institucional, México: IMTA. Disponible en: <http://repositorio.imta.mx/handle/20.500.12013/1566>.

Riechmann, J., Carpintero, O. (2014). *¿Cómo pensar las transiciones poscapitalistas?* En: Riechmann, J., Carpintero, O. y Matarán, A. (Eds.) *Los inciertos pasos desde aquí hasta allá: alternativas socioecológicas y transiciones poscapitalistas* (pp. 29-124). Granada: Universidad de Granada.

Saval, S. (2013). *Estudio de Evaluación para la recarga artificial del acuífero San José del Cabo*. 2nd Jornadas Técnicas sobre recarga artificial de acuíferos y Reuso de Agua. UNAM. Ciudad de México. Disponible en: http://www.agua.unam.mx/jornadas2013/assets/resultados/mar4_proyectos/saval_susana.pdf.

Simón, I., Aravena, B. (2020). *El ciclo hidrosocial. Una propuesta didáctica desde la historia, la geografía, las ciencias sociales y la educación para la ciudadanía*. Chile: Universidad Autónoma de Chile. Disponible en: <https://doi.org/10.32457/ISBN9789568454692702020-ED1>.

EXTRACCIÓN INTENSIVA DE AGUA SUBTERRÁNEA Y LA SUPERVIVENCIA DE LAS CIÉNEGAS DE LERMA, ESTADO DE MÉXICO, MÉXICO

ELOÍSA DOMÍNGUEZ MARIANI
CARLOS VARGAS CABRERA
JACOBO SANDOVAL GUTIÉRREZ

UNIDAD LERMA DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

ABIGAIL MARTÍNEZ

CENTRO PARA LA SUSTENTABILIDAD INCALLI IZCAHUICOPA, CENTLI

Resumen

Las ciénegas de Lerma son ecosistemas que, para su funcionamiento, dependen del flujo subterráneo y superficial de agua. La reducción de su extensión se asocia a la continua extracción de agua en la región. El objetivo de este artículo es analizar la gestión del agua subterránea y su interrelación con los humedales de las ciénegas de Lerma. El desconocimiento de la interdependencia del agua superficial y del agua subterránea ha ocasionado: la extracción de agua del subsuelo, el agotamiento de los cuerpos de agua superficiales, el cambio de uso de suelo para la agricultura y la urbanización, la eutrofización por con-

taminación difusa, la pérdida de la biodiversidad, entre otros efectos.

Introducción

Un ecosistema dependiente del agua subterránea es aquel que, para llevar a cabo sus funciones, requiere de un sistema de flujo de agua, principalmente subterránea, por ejemplo, los humedales y las marismas. Este tipo de ecosistemas se encuentran cada vez más amenazados por las crecientes demandas humanas, así como por la falta de conocimiento para reconocer la relación entre la hidrología superficial, la subterránea y la ecología (Rhode *et al.*,

2017). Aunque en los esquemas de manejo ambiental se considera el agua, se desestima su componente subterránea por su respuesta hídrica desfasada con las otras componentes del ciclo hidrológico.

El agua subterránea es una importante fuente de abastecimiento para las poblaciones, por su buena calidad y abundante caudal, ello a pesar de su alto costo de extracción. En México, constituye el 58% del agua consumida (Conagua, 2018).

Los ecosistemas desarrollan los mecanismos para la recuperación del sistema hídrico en una cuenca. Para promover su conservación, en México se tiene la figura de Áreas Naturales Protegidas (ANP). En ellas, las actividades están definidas por diversos instrumentos, como su programa de manejo (LGEEPA, 1988).

Las Ciénegas de Lerma

Las Ciénegas de Lerma (CL) son una ANP ubicada en el Valle de Toluca y comprenden tres cuerpos de agua (3,023 ha). Originalmente, las comunidades aprovechaban los recursos naturales de las aproximadamente 27,000 *ha* (Convención Ramsar sobre

los Humedales, 2006). En el proceso de desecación de éstas resaltan dos momentos: en 1950, a raíz del déficit de agua en la Ciudad de México, y para su suministro, se integró el Sistema Lerma con manantiales y la perforación de 75 pozos (Torres, 2014). El segundo es el desarrollo industrial del Valle, que inició en 1940 (Sollova, 2008) y que, a la fecha, cuenta con siete parques industriales con una intensa demanda de agua. Además, el crecimiento poblacional convirtió a la región en la Zona Metropolitana de Toluca en el año 2000 (GEM, 2012), situación que aceleró la extracción de agua subterránea por diversas instituciones e industrias. En este proceso, el cambio de uso de suelo se llevó a cabo de forma irregular y desordenado, particularmente en las ciénegas, repercutiendo en la pérdida de áreas con vegetación acuática, el incremento de zonas industriales y urbanas (Zepeda *et al.*, 2012).

En 2002, con la pretensión de una adecuada gestión, las CL fueron clasificadas como ANP en la categoría de Área de Protección de Flora y Fauna (APFF) (SEMARNAT, 2002) y designadas como Sitio Ramsar en 2004 (Convención Ramsar de

Humedales, 2006). Pese al esfuerzo, el deterioro hídrico ha continuado. Por ejemplo, Berrón (2020) reporta descensos de 3 a 4 metros/año del nivel piezométrico en Lerma. Esto explica el descenso visible y constante de las Ciénegas, además de los efectos colaterales, como hundimiento y fracturamiento (Almazán, 2017). A pesar de sus efectos, no existe información disponible de la evolución de los niveles piezométricos que permita conocer la dinámica del agua en la totalidad de la cuenca, ni tampoco acciones dirigidas a conservar la alimentación hídrica de las CL.

El manejo sustentable del agua requiere, en primer lugar, definir la componente subterránea (Rhode *et al.*, 2017). Domínguez y Vargas (2020) determinaron la conexión entre el agua superficial y subterránea mediante iones traza, en tanto que Pérez (2017) y Berrón (2020) mostraron que, en canales o apantles, coexisten el agua superficial, subterránea y residual. Si la interconexión de los cuerpos de agua disminuye o desaparece, ocurriría lo mismo que con la biodiversidad de las ciénegas, y pondría en riesgo el abastecimiento de agua a las

poblaciones. Un comportamiento hídrico similar ha experimentado la Zona Metropolitana de la Ciudad de México.

La supervivencia de las CL requiere de una adecuada gestión, fundamentada en la perspectiva de bienes naturales necesarios para el funcionamiento hídrico, en lugar de la visión de recursos disponibles para el uso humano. La apropiación, extracción, manipulación y transformación de la naturaleza condicionan la perspectiva de recursos que, eventualmente, traerá consigo un auge en el desarrollo y crecimiento económico, (Georgescu, 1996; Gudynas, 2015). Se trata de una gestión entre las instituciones con perspectiva de cuenca, en la que “el conjunto de actos normativos, operativos y programáticos [deben estar] orientados al manejo ordenado del ambiente y su relación con los factores económicos” municipales (INAFED y SADER, 2004, p. 12) para el cuidado del delicado equilibrio de este sistema hidroambiental.

La gestión del agua subterránea, especialmente su extracción, debe reforzar el enfoque hidrosocial, en donde, además de instituciones, deben formar y

tomar parte la sociedad sobre el manejo de los bienes hídricos (Martínez *et al.*, 2021).

El impacto a las CL no es caso aislado en México. Abundan las situaciones de sobreuso y contaminación de cuerpos de agua, del acaparamiento de sus bienes y servicios hídrico ambientales, con ello, el deterioro del territorio, del funcionamiento de las cuencas, de los ecosistemas y de las estructuras y costumbres socio culturales.

La protección y recuperación de los cuerpos de agua y sus humedales debe cumplir con el Art. 4º constitucional, del derecho humano al agua y al saneamiento, la gestión sustentable y equitativa del agua. A este respecto, en la Iniciativa Ciudadana de Ley General de Aguas se plantean una serie de instancias e instrumentos inclusivos de la participación ciudadana a todo nivel; donde grupos de especialistas generen propuestas vinculantes de manejo al interior de los Consejos de Cuenca, de los Organismos de Cuenca, y en los consejos municipales (Apts, 2020). La participación ciudadana permite vigilar los usos del agua según prioridades, la gestión de recursos y su aplicación, el

desempeño de los organismos operadores del agua y la forma en que afecta la toma de decisiones en los cuerpos de agua y en las cuencas. Aspectos a destacar son el acceso universal a la información en torno al agua, así como el continuo monitoreo de las actividades de particulares que afecten los ecosistemas.

Se requiere conformar grupos especializados que incidan en las decisiones del agua y en el monitoreo de las acciones implementadas para la protección y recuperación de los cuerpos de agua y de sus humedales. 💧

Bibliografía

Agua para tod@s agua para la vida. (2020). *Iniciativa Ciudadana de Ley General de Aguas (ICGA)*. México. Disponible en: <https://aguaparatodos.org.mx/iniciativa-ciudadana-ley-general-de-aguas-actualizada/>.

Almazán, A.R. (2017). *Peligros geológicos por fallas y grietas en la Zona Metropolitana del Valle de Toluca con base en un estudio morfoestructural*. Estado de México, México: Tesis de licenciatura, Facultad de Geografía, Universidad Autónoma del Estado de México. 118. p.

Berrón, Y.P. (2020). *Propuesta de gobernanza del agua subterránea para el municipio de Lerma, Estado de México*. Estado de México, México. Proyecto Terminal, Licenciatura en Ingeniería en Recursos Hídricos. Universidad Autónoma Metropolitana. 52 p.

Comisión Nacional del Agua. (2018). *Estadísticas del agua en México, 2018*. Disponible en: http://sina.conagua.gob.mx/publicaciones/EAM_2018.pdf.

Comisión Nacional del Agua. (2012). *Libro Blanco CONAGUA-04, Sustentabilidad del Sistema Cutzamala*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Disponible en: <http://www.conagua.gob.mx/conagua07/contenido/Documentos/LIBROS%20BLANCOS/CONAGUA-04%20Sustentabilidad%20del%20Sistema%20Cutzamala.pdf>.

Convención Ramsar sobre los Humedales. (2006). *Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar (FIR) Ciénegas del Lerma*. Disponible en: <https://rsis.ramsar.org/RISapp/files/RISrep/MX1335RIS.pdf?language=es>.

Domínguez, E., Vargas, C. (2020). *¿Es posible la preservación de las Ciénegas de Lerma?. Oscar Monroy-Hermosillo (coord.). Acciones Metropolitanas para la Gestión Sustentable del Agua*. México, DF.: Ciudad de México: ANUIES, dirección de producción editorial, Universidad Autónoma Metropolitana, CRAM, El Colegio de México, 2020, ISBN 978-607-451-154.3. 277-295.

Gobierno del Estado de México. (2012). *Zona Metropolitana del Valle de Toluca, aspectos sociodemográficos*. p. 74. Disponible en: https://www.ipomex.org.mx/recursos/ipo/files_ipo/2012/20/1/0b51d291c6ac1746c06e7ae70e88a249.pdf.

Georgescu, N. (1996). *La ley de la Entropía y el proceso económico*. Fundación Argentina. Disponi-

ble en: <http://fcmanrique.org/fcm-publicacion/la-ley-de-la-entropia-y-el-proceso-economico-2/?lang=es>.

Gudynas, E. (2015). *Derechos de la naturaleza: Ética Biocéntrica y Políticas ambientales*. Tinta Limón.

Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal, Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (2004). Tomo 9. *Gestión Ambiental Municipal, Guía para el Buen Gobierno Municipal*. Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/381106/Tomo_9_Guia_para_el_Buen_Gobierno_Municipal.pdf.

Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. (1988). DOF, publicada 28 de enero de 1988, última reforma publicada DOF 04-06-2012.

Martínez M.A., Altamirano, S.M., Cruz, H.G. (2021). *Actores sociales en la subcuenca del río Lerma en México. Insuficiencia de habilidades para enfrentar el problema público del agua. Inclusiones*. 8 (número Especial/ Enero – Marzo). pp. 1-14.

Pérez, E. (2017). *Estimación del aporte de agua subterránea a partir de parámetros físico-químicos en la Ciénega de San Nicolás Peralta, Lerma, Estado de México, México*. Proyecto

terminal, licenciatura en Recurso Hídricos, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Lerma.

Rhode, M.M., Froend, R., Howard, J. (2017). *A Global Synthesis of Managing Groundwater Dependent Ecosystems Under Sustainable Groundwater Policy*. *Groundwater*, 55(5), 293-301.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2002). *Decreto por el que se declara Área Natural Protegida, con el carácter de área de protección de flora y fauna, la región conocida como Ciénegas del Lerma, ubicada en los municipios de Lerma, Santiago Tianguistenco, Almoloya del Río, Calpulhuac, San Mateo Atenco, Metepec y Texcalyacac en el Estado de México, con una superficie total de 3,023-95-74.005 hectáreas*. Diario Oficial de la Federación. Disponible en: URL: http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=718862&fecha=27/11/02&print=true.

Sollova, V. (2008). *Industrialización, cambio demográfico y participación económica femenina en el Estado de México y la ZMT. 1970-2000 Papeles de Población No. 55, 14(55)*. p. 35.

Torres, L. (2014). *Sistema Lerma: una visión política en la gestión pública del agua, ¿solución Estatal o Federal?* Instituto de Administración Pública del Estado de México, A. C. Disponible en: <https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2015/05/>

[Sistema_Lerma_vision_politica_gestionpublica_del_agua.pdf](#)

Zepeda, C., Antonio, X., Lot, A., Madrigal, D. (2012). *Análisis del cambio del uso del suelo en las ciénegas de Lerma (1973-2008) y su impacto en la vegetación acuática. Investigaciones Geográficas*. Boletín del Instituto de Geografía, UNAM. pp. 48-61.



Te invitamos a participar
en nuestra publicación digital

Impluvium

Consulta los detalles en:
www.agua.unam.mx/impluvium.html

Convocatoria 2021

Temas	Fecha de recepción
Transparencia, rendición de cuentas y acceso a la información en el sector hídrico	Del 5 de julio al 20 de septiembre del 2021.
Contaminantes emergentes en el agua: causas y efectos	Del 27 de septiembre al 6 de diciembre del 2021.

Lineamientos

1. La contribución debe ser un texto de **corte académico**, por lo que no debe personalizarse.
2. Los trabajos deben contener: título, nombre del autor o autores y su institución de adscripción, resúmen (de hasta 150 palabras), introducción, desarrollo, conclusiones y bibliografía consultada.
3. Las contribuciones deberán entregarse en formato de procesador de textos Microsoft Word, con letra Arial de 12 puntos e interlineado doble.
4. Los textos no deberán exceder **1,700 palabras**, incluyendo la bibliografía.
5. Las imágenes que deseen utilizarse en el texto se entregarán en archivo independiente en formato jpg a 150 dpi. En el documento de Word se referirán de la siguiente manera: Véase Figura 1.
6. Se utilizará el sistema de citas y referencias bibliográficas Harvard-APA. Este estilo presenta las citas dentro del texto del trabajo, utilizando el apellido del autor, la fecha de publicación y la página, por lo que no se requieren notas al pie de página. Ejemplo: (González Villarreal, 2013, p. 25).
7. Al final del trabajo la bibliografía se agrupará en el apartado "Bibliografía" y se colocará de la siguiente manera: autor, año de publicación (entre paréntesis), título, editorial y lugar de publicación. Ejemplo: González Villarreal, F. y Arriaga Medina, J. (2015). Expresiones de la inseguridad hídrica. Revista Ciudades, No. 105, Puebla, México.
8. Los editores realizarán una corrección de estilo y consultarán con los autores cualquier modificación sobre el contenido de la contribución.
9. El artículo debe enviarse al correo electrónico contacto@agua.unam.mx con el asunto **Artículo Impluvium: (tema)**.



Impluvium

Publicación digital de la Red del Agua UNAM

Número 15, Abril - Junio 2021

www.agua.unam.mx