



Pronaces Agua



Número Dieciocho
Mayo 2024



LA NORIA *Digital*

- **Contaminantes emergentes: el punto medio entre la contaminación y la descontaminación**
- **Reflexiones sobre el Río Colorado: desafíos y soluciones en la gestión del agua en Baja California**
- **Análisis del tejido político y legal del sistema hídrico mexicano**
- **El río urbano como infraestructura resiliente ante el cambio climático**
- **Agua y Poesía: Tal como el agua**



CONAHCYT
CONSEJO NACIONAL DE HUMANIDADES
CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS



Publicación electrónica mensual del Programa Nacional Estratégico de Agua (Pronaces Agua), del Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (Conahcyt)

Centro de Investigación en Materiales Avanzados, S. C. (CIMA V)

Dra. Leticia Myriam Torres Guerra
Directora General

Dr. Alfredo Aguilar Elguezabal
Director Académico

Dr. Eduardo Pérez Denicia
Investigador por México, Conahcyt

Mtro. Octavio Rosas Landa Ramos
Facultad de Economía, UNAM

Dra. Leticia Myriam Torres Guerra
Centro de Investigación en Materiales Avanzados,
S. C. (CIMA V)

Comité Editorial

Editor en jefe

Dr. Jorge Martínez Ruiz
Comité Ejecutivo del Pronaces Agua

Integrantes

Dra. Mayrén Alavez Vargas
Investigadora por México, Conahcyt

Dra. Patricia Ávila García
Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y
Sustentabilidad (IIES, UNAM)

Dr. José Raúl García Barrios
Centro Regional de Investigaciones
Multidisciplinarias (CRIM, UNAM)

Diseño, formación editorial e ilustración

Lic. Mariana Lara Banuet
C. Francisco Rodríguez Malo

Apoyo técnico

Mtra. Diana Rosa Pérez Serrano
Econ. José Valdemar Díaz Hinojosa

La Noria *Digital* se publica gracias al apoyo del Conahcyt al proyecto "Consolidación del Programa Nacional Estratégico en conocimiento y gestión en cuencas del ciclo socio-natural del agua, para el bien común y la justicia ambiental" (318987).

Todos los artículos son responsabilidad de sus autores.

ÍNDICE

Editorial	3
Contaminantes emergentes: el punto medio entre la contaminación y la descontaminación Alejandra García García	6
Reflexiones sobre el Río Colorado: desafíos y soluciones en la gestión del agua en Baja California Astrid Hernández Cruz, Leopoldo Mendoza Espinosa	11
Análisis del tejido político y legal del sistema hídrico mexicano Rogelio Aguilar Cruz, Fabiola Doracely Yépez Rincón	17
El río urbano como infraestructura resiliente ante el cambio climático Fabiola Doracely Yépez Rincón, Rogelio Aguilar Cruz	24
Agua y Poesía: Tal como el agua Antonio Preciado	33

Hoy como antaño, la esperanza de aliviar la sequía se aviva con el inicio de las lluvias en el mes de mayo. Sabemos que los pueblos antiguos de Mesoamérica fueron grandes astrónomos que alcanzaron un conocimiento preciso del comportamiento de los astros y de su influencia en los fenómenos climáticos. Algo de esa sabiduría, persiste en nuestra memoria colectiva, sobre todo en las comunidades campesinas.

El *Códice Dresde* incluye el registro del comportamiento de Venus (Paxton, 2009), planeta de enorme carga simbólica sistemáticamente observado por generaciones de astrónomos mayas. Con base en dicho código, los arqueólogos han reconstruido el llamado complejo *Venus-maíz-lluvia*, un compendio de información cósmico-religiosa de aplicación práctica.

El luminoso Venus es visible por la mañana y por la tarde a partir de fines de abril o principios de mayo, justo el tiempo en que se inician las lluvias y el ciclo agrícola de la milpa (Sprájc, 2013). Es probable que no únicamente los sacerdotes astrónomos sino también los campesinos comunes estuvieran atentos a las señales de Venus para iniciar la siembra de sus cultivos y realizar las tareas de cuidado hasta lograr su cosecha. Nos atrevemos a pensar que

en el horizonte civilizatorio mesoamericano se integró una verdadera episteme climática de aplicación práctica.

Aún en los actuales México y Centroamérica, los campesinos temporaleros continúan aplicando las ancestrales prácticas agrícolas sustentadas en el conocimiento de las originarias culturas mesoamericanas.

La modernidad nos ha hecho olvidar que somos capaces de conocer y decidir por nosotros mismos y nos impide distinguir las consecuencias sociales y personales de los actos que emprendemos. A diferencia de los mayas, cuya tecnología era comprensible y controlada por cada labriego, el hombre moderno común está enajenado de la tecnología que sustenta su modo de vida.

La sociedad industrial contemporánea, en particular la economía neoliberal globalizadora, ha provocado el desastre climático planetario que sufre nuestra generación, del que la humanidad entera aparece como causante, pero a la manera de Fuenteovejuna, sin que los específicos responsables puedan ser identificados, detenidos y castigados.

Como es sabido, el 36 % de la población mundial, 2500 millones de personas, habitan lugares sometidos a estrés hídrico y alrededor del 20 % del valor de la

producción proviene de zonas que sufren escasez de agua (ONU-Habitat, 2013).

Recordemos que el estrés hídrico es causado por la extracción desmedida del agua y la contaminación que provocan las actividades humanas, muy distinto al problema de escasez crónica determinada por la situación geográfica del territorio y la disponibilidad natural de agua (Cortés, s. f.).

Existe un importante margen de intervención comunitaria para afrontar la incertidumbre climática y sus consecuencias en la crisis del agua extendida por todo el planeta. Los efectos globales del calentamiento del clima provocados por el egoísmo antropocéntrico no se pueden ya revertir, pero desde la escala local mucho se puede hacer, tanto para los problemas de estrés como de escasez, si se recuperan las fuentes vernáculas de conocimiento y se retoma el control de las personas —en el ámbito de su comunidad— sobre la tecnología que emplean.

Se aborda en el presente número de *La Noria Digital* una diversidad de temas relacionados con nanotecnología, legislación hídrica y gestión del agua en ríos urbanos y en una cuenca binacional. Todos, desde la libre perspectiva de sus autores, aportan elementos para comprender mejor cada cuestión y explorar soluciones más allá de la lógica neoliberal. El conocimiento que proporcionan y la reflexión que suscitan nos ayudan a tomar decisiones que cuiden del medio ambiente y de nuestras comunidades.

El primer artículo, “Contaminantes emergentes: el punto medio entre la contaminación y la descontaminación”, de Alejandra García García, aborda el poco conocido problema de la contaminación causada por residuos de nanomateriales utilizados en la industria de la belleza y la medicina, cuyo impacto, invisible a escala del ojo humano, apenas comienza. El artículo propone la utilización de *quantum dots* como método para localizar y, eventualmente, eliminar los nanocontaminantes y plantea que saber cómo y a dónde llegan estos últimos es la base para usar responsablemente la nanotecnología.

En “Reflexiones sobre el Río Colorado: desafíos y soluciones en la gestión del agua en Baja California”, Astrid Hernández Cruz y Leopoldo Mendoza Espinoza hacen primero un breve análisis histórico de las negociaciones entre México y Estados Unidos por el acceso al agua en la cuenca binacional del Río Colorado. Posteriormente, presentan los aspectos más relevantes de la aplicación de un modelo de análisis de la gestión del agua y del posible impacto en los diferentes sectores de usuarios en la parte mexicana de reducirse las asignaciones del Río Colorado. Resaltan en las conclusiones que el sector más afectado por la reducción sería el Distrito de Riego 014 y cuestionan que la aparente eficacia actual se basa en la sobreexplotación del acuífero.

El artículo de Rogelio Aguilar Cruz y Fabiola Doracely Yépez Rincón, titulado “Análisis del tejido político y legal del sistema

hídrico mexicano”, revisa el estado de la legislación hídrica en México considerando los alcances de las facultades jurídicas concurrentes, las cuales implican que los ámbitos municipal, estatal y nacional disponen de atribuciones para intervenir en una misma materia, como es el caso del agua actualmente en nuestro país. Luego de mostrar los problemas a que da lugar esa modalidad, proponen la elaboración de una nueva y única Ley Nacional de Aguas que evite la dispersión legislativa en los varios niveles de gobierno y concentre las facultades en una sola agenda con presupuestos articulados y complementarios.

El artículo final de esta entrega, “El río urbano como infraestructura resiliente ante el cambio climático”, se dedica a la problemática de la degradación de los afluentes que cruzan las ciudades, lo suscriben Fabiola Doracely Yépez Rincón y Rogelio Aguilar Cruz. Ellos sostienen que hasta ahora el control de las inundaciones se ha basado en la construcción de infraestructura de resistencia, como presas, diques y barreras, que sólo representa una solución pasajera que no toma en cuenta el cambio climático, altera la morfología de las planicies aluviales y pone en peligro a la población. Proponen un enfoque de gestión distinto orientado a la resiliencia de los ríos que permita recuperar la salud fluvial.

En la sección de poesía reproducimos el poema “Tal como el agua” del poeta ecuatoriano Antonio Preciado.

Referencias bibliográficas

Cortés, J. (s. f.). *El Agua en el Mundo: Cooperación y Conflicto*. Observatori Solidaritat UB.

<https://www.solidaritat.ub.edu/observatori/esp/itinerarios/agua/agua.htm>

ONU-Habitat. (2021). *Comprender las dimensiones del problema del agua*. ONU-Habitat. Recuperado en mayo de 2024, de:

<https://onuhabitat.org.mx/index.php/comprender-las-dimensiones-del-problema-del-agua>

Paxton, M. (2009). Códice de Dresde. *Arqueología Mexicana*, (31), 12-13.

Sprájc, I. (2013). Observación de los extremos de Venus en Mesoamérica: astronomía, clima y cosmovisión. En *Aires y lluvias. Antropología del clima en México* (Centro de estudios mexicanos y centroamericanos ed., pp. 91-120). Annamária Lammel.

<https://books.openedition.org/cemca/1260>



Contaminantes emergentes: el punto medio entre la contaminación y la descontaminación

Alejandra García García *

Hace poco más de dos años me encontraba en una tienda donde venden cosméticos a bajo costo, y me llamó la atención la promoción que le hacían a una mascarilla con nanopartículas de hierro para exfoliación de la piel, por lo que le pregunté a la señorita que atendía cuáles eran las indicaciones para la disposición de esa mascarilla una vez que la usas. Ella buscó en la caja para ver si traía un instructivo y la respuesta fue negativa: desconocía las indicaciones. En ese momento pensé en la cantidad de gente que adquiere productos similares y en dónde terminarán esas nanopartículas o residuos, muy probablemente en la basura o en cuerpos de agua.

Los contaminantes emergentes (CEs) son un tipo de contaminantes silenciosos de micro y nanoescala. Si bien aún no se encuentran en grandes cantidades, están presentes en las aguas residuales y pueden llegar a ríos y a otros cuerpos de agua si no son tratados adecuadamente, como las nanopartículas de las mascarillas que son desechadas en la basura convencional o terminan en el drenaje. Se trata de sustancias que afectan la salud del ser humano si se consumen de forma continua, aunque sea en pequeñas cantidades.

De acuerdo con un análisis de la base de datos Scopus realizado en 2023, con la palabra clave contaminantes emergentes, investigadores de diversas partes del mundo comenzaron a estudiar este tipo de contaminantes hace treinta años aproximadamente. En la actualidad, dentro de los principales se encuentran los residuos de fármacos, incluyendo tratamientos hormonales. Cuando los fármacos no son aprovechados al 100 % por el organismo de las personas, los residuos son desechados por la orina que, eventualmente, llega a las aguas residuales. Y, aunque estas aguas sean tratadas, los sistemas usados hoy en día no incluyen procesos secundarios que sean capaces de eliminar totalmente este tipo de contaminantes.

Este tema se volvió importante cuando se notó que algunas especies de peces ya no se reproducían debido a que los residuos de fármacos o medicamentos hormonales cambiaban su sexo (Jobling et al., 1998). Esto no quiere decir que los medicamentos en sí mismos sean los causantes, pero sí que su constante ingesta y acumulación en el medio acuoso altera los procesos biológicos de las especies, afectando su comportamiento natural. Así como este ejemplo, existen otros igual de alarmantes relacionados con la presencia de micro y nanoplasticos y residuos orgánicos.

* Centro de Investigación en Materiales Avanzados S. C.

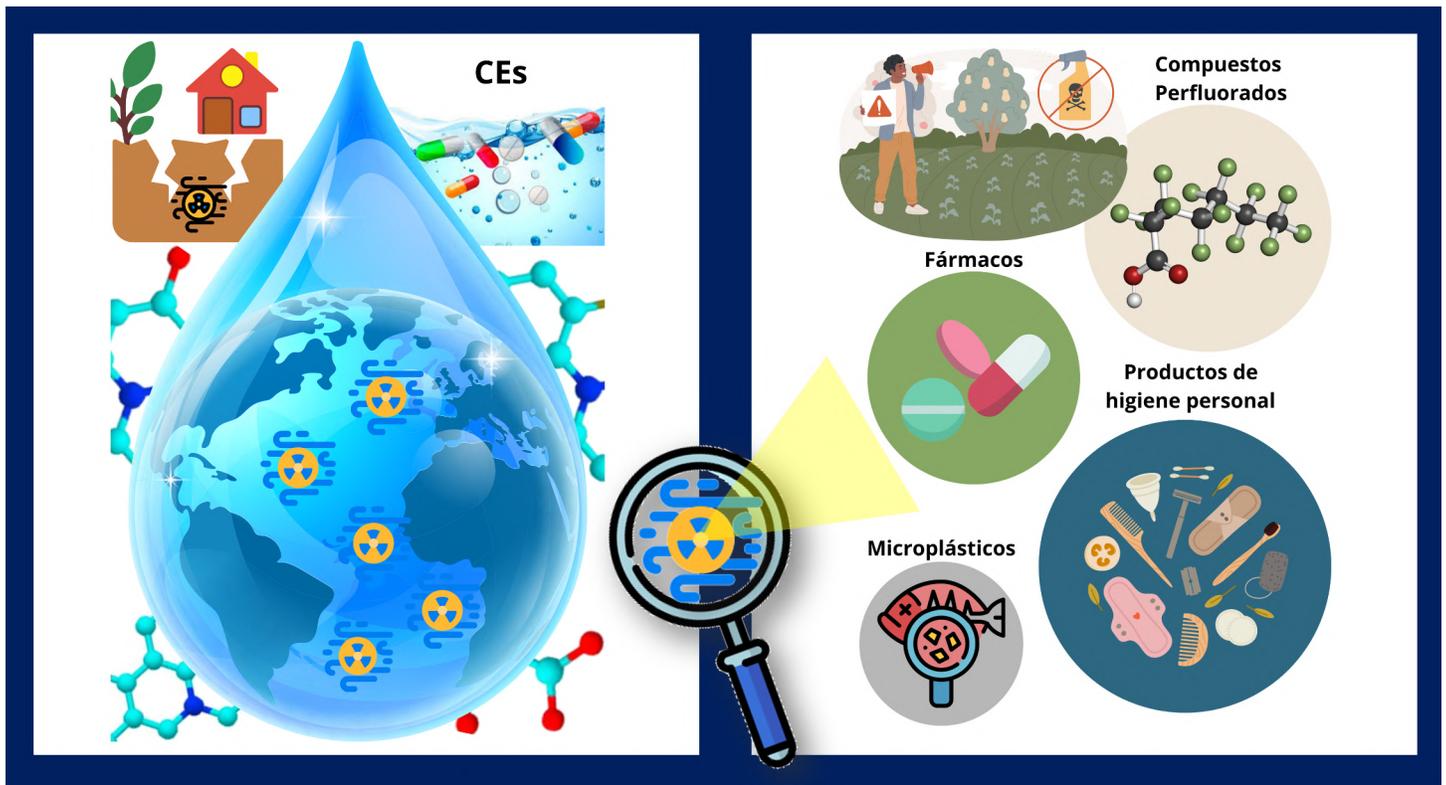


Figura 1. Presencia de CEs alrededor del mundo, que intoxican el agua y la tierra. Principales tipos de CEs: compuestos perfluorados, agroquímicos, fármacos, productos de higiene personal y microplásticos.

Los nanomateriales son un nuevo tipo de contaminantes que ha salido a la luz recientemente, en particular están presentes en cosméticos y productos de cuidado personal. Aún faltan regulaciones a nivel nacional e internacional, así como organismos, que den seguimiento a corto y mediano plazo sobre la disposición de este tipo de residuos. Algunos países asiáticos, como China, son de los principales productores de cosméticos con diferentes tipos de nanopartículas, pero los consumidores somos todos, principalmente en el mercado de la belleza que ha crecido a pasos agigantados. En siglos pasados sólo Cleopatra accedía a este tipo de tratamientos cosméticos, hoy en día están al alcance de todos, sin un gramo de responsabilidad.

Debido a que este tipo de contaminantes se encuentran en cuerpos de agua en cantidades muy bajas, como los nano o

picomoles, no pueden ser detectados en su totalidad con herramientas actuales. Por lo tanto, existe la necesidad de desarrollar sensores que detecten partículas, como los nanomateriales, restos de fármacos u hormonas o microplásticos y nanoplasticos, que puedan decirnos dónde se encuentran y en qué concentración para buscar alternativas efectivas de eliminación. **No digo que la nanotecnología sea mala, no, al contrario, puede traer muchas ventajas al ser humano si se usa correctamente y, sobre todo, si antes de usarla formamos una cultura de responsabilidad.**

Uno de los candidatos para la detección y eliminación de CEs son los *quantum dots* de carbono —que, por cierto, sus primos, los *quantum dots* de seleniuro de cadmio, acaban de ser objeto del premio Nobel (Sarma et al., 2023). Los *quantum dots* son nanomateriales con pocas decenas de

átomos de carbono, de dimensión nanométrica con propiedades ópticas y electrónicas únicas debido a su tamaño reducido, incluyendo la capacidad para emitir luz.

Como estamos hablando de partículas tan pequeñas de entre 1 y 5 nanómetros, su superficie activa es gigante. Para darnos una idea, me encanta hacer la analogía de tamaño y superficie con un cubo sólido y un cubo de Rubik. Si sumergimos un cubo sólido en un recipiente con agua mojaremos sus 6 caras, pero, si metemos un cubo de Rubik del mismo tamaño que el cubo sólido, los 27 cubos individuales que lo componen se mojarán y el número de caras en contacto con el agua será 162, por lo que el área en contacto con el agua aumenta. Algo similar ocurre en el mundo nanométrico: **entre más pequeño sea el tamaño de un nanomaterial, como el de los *quantum dots*, más átomos disponibles tendremos sobre la**

superficie y su reactividad química será mayor, pudiendo detectar bajas concentraciones de contaminantes, como los desechados por malas prácticas de manejo de las nanopartículas de las mascarillas magnéticas o las *Mascarillas Cleopatra*.

Además de la propiedad estructural, como el tamaño de los *quantum dots*, una característica aún más importante es su fotoluminiscencia, la cual es una propiedad óptica a través de la que podremos saber si detecta o no los CEs. Para hablar de fotoluminiscencia, pensemos en las pulseras o accesorios que se usan en las fiestas neón y que se activan con luz negra o con lámparas ultravioleta. Esos colores fotoluminiscentes que vemos en la oscuridad de los salones de fiestas también pueden ser mostrados por los *quantum dots*, dependiendo de con qué elementos están hechos.

Los *quantum dots* son nanomateriales con pocas decenas de átomos de carbono, de dimensión nanométrica con propiedades ópticas y electrónicas únicas debido a su tamaño reducido, incluyendo la capacidad para emitir luz

En cuanto a los *quantum dots* de carbono, que justamente se elaboran con dicho elemento, el color que emiten cuando se ponen en contacto con la luz ultravioleta está en el rango del azul. **La manera de saber si los *quantum dots* están detectando un contaminante es a través del apagado —así de simple—, ya que actúan como un foco y su luz deja de emitirse cuando se pone en contacto con agua contaminada en concentraciones en el rango nano o micromolar.** Claro que dentro del trabajo de laboratorio no es tan sencillo; se tienen que llevar a cabo muchos pasos dentro del experimento hasta llegar a la determinación de los límites de detección, pero el principio de funcionamiento es simple.

Sin embargo, no todo es miel sobre hojuelas cuando de contaminantes presentes en agua se trata, pues los *quantum dots* de carbono emiten en un rango de energía que nos sirve para un tipo de contaminante, pero en las aguas residuales modernas pueden estar presentes varios tipos de CE. Por ello las investigaciones continúan y creo que vamos por el buen camino con los avances en detección y eliminación.

Si diseñáramos una guirnalda de luces como las que se ponen en los árboles de navidad, podríamos tener “nanofocos” de varios colores emitiendo en diferentes rangos de energía e interactuando con cada contaminante, lo que es un reto que,

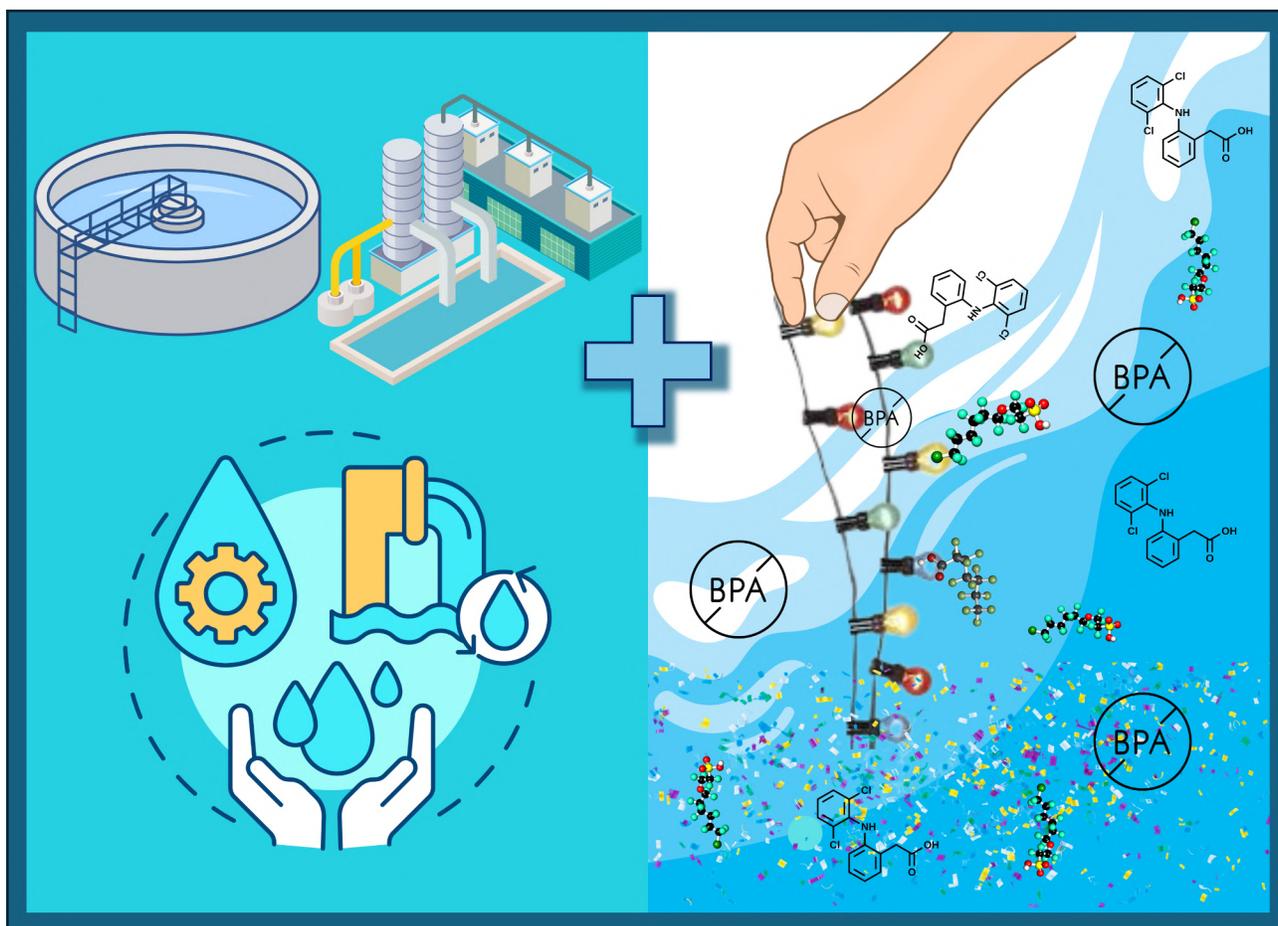


Figura 2. Esquema representativo de sistemas de descontaminación actuales sumados a estrategias de detección en aguas, como los “nanofocos” que podrían detectar y eliminar a la vez la presencia de varios tipos de CE.

reconocemos que la detección es el medio justo que equilibra la balanza entre contaminación y descontaminación. Entender qué contamina nuestros ríos y cuerpos de agua en general y, sobre todo, detectar concentraciones ultrabajas que con el tiempo pueden ocasionar un problema mayor es el primer paso para purificarlos

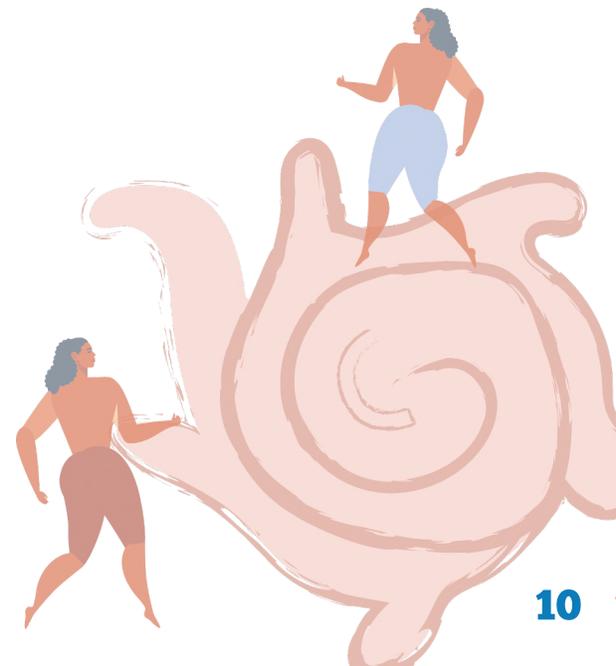
al menos, tomaremos algunos para continuar en la búsqueda de soluciones a los problemas que conllevan los avances agigantados que da nuestra sociedad en la inquietante necesidad de desarrollo y de la juventud eterna.

En esta travesía, reconocemos que la detección es el medio justo que equilibra la balanza entre contaminación y descontaminación. Entender qué contamina nuestros ríos y cuerpos de agua en general y, sobre todo, detectar concentraciones ultrabajas que con el tiempo pueden ocasionar un problema mayor es el primer paso para purificarlos. Por lo tanto, tener sistemas de detección como la guirnalda, donde cada tonalidad represente un rango específico de energía interactuando con distintos contaminantes nos dará ventajas, ya que cuando logremos que ésta se apague por completo, habremos alcanzado uno de nuestros objetivos.

Este desafío, aunque monumental, es el precio que estamos dispuestos a pagar en nuestra incansable búsqueda de soluciones para que el futuro del agua que consumimos sea más limpio y sostenible.

Referencias bibliográficas

- Jobling, S., Nolan, M., Tyler, C. R., Brighty, G., & Sumpter, J. P. (1998). Widespread Sexual Disruption in Wild Fish. *Environmental Science and Technology*, 32(17), 2498–2506. <https://doi.org/10.1021/es9710870>
- Sarma D. D., & Kamat, Prashant V. (2023) 2023 Nobel Prize in Chemistry: A Mega Recognition for Nanosized Quantum Dots. *ACS Energy Letters*, 8(12), 5149–5151. <https://doi.org/10.1021/acseenergylett.3c02390>



Reflexiones sobre el Río Colorado: desafíos y soluciones en la gestión del agua en Baja California

Astrid Hernández Cruz *
Leopoldo Mendoza Espinosa **

Resumen

Este artículo ofrece un análisis sobre la gestión del agua en Baja California, una región marcada por su aridez y escasez de precipitaciones. A pesar de los desafíos notables, destaca como uno de los estados más eficientes en la obtención de agua potable en el país. Las presentes reflexiones se centran en el Río Colorado, compartido entre Estados Unidos y México, y en su papel crucial en el suministro de agua para la población, la agricultura y la biodiversidad local.

El artículo aborda la evolución histórica de las negociaciones bilaterales y examina las medidas actuales para afrontar el cambio climático y la creciente competencia por el agua. Además, subraya la importancia de implementar estrategias sostenibles y propone un modelo de planeación y distribución de agua para proyectar una gama de posibles resultados, desde los efectos de la inacción hasta la aplicación de una cartera diversificada de estrategias de manejo.

Introducción

El Río Colorado, que nace en las montañas Rocallosas, sirve como vital fuente de agua para más de 40 millones de personas en Estados Unidos y México. Aunque el 98 % de la cuenca pertenece a territorio estadounidense, el 2 % que está en México desempeña un papel esencial en el abastecimiento del 90 % de la población de Baja California —una de las regiones agrícolas más grandes del país— y de la Reserva de la Biosfera del Alto Golfo y Delta del Río Colorado. El Tratado Internacional de Límites y Aguas de 1944 ha sido fundamental para la distribución del agua y el desarrollo agrícola de la región.

La historia y las condiciones climáticas han dado lugar a negociaciones entre México y Estados Unidos para la distribución de las aguas del Río Colorado. Hasta 1944, la principal actividad en este río era la navegación, y resulta asombroso observar cómo un río antes caudaloso ahora apenas

* Facultad de Ciencias Marinas, Ensenada, Baja California

** Instituto de Investigaciones Oceanológicas, Ensenada, Baja California

deja un rastro de lo que fue. Con la firma del Tratado se garantizaba a México una cuota anual de 1850 millones de metros cúbicos de agua. Esta cantidad, en comparación con la que se utilizaba históricamente en el Valle de Mexicali, impulsó aún más la expansión de la agricultura.

En el presente, en medio del desierto, se cultivan cerca de 200 000 hectáreas. Además, **el aumento demográfico en la frontera ha intensificado la competencia por el agua del Río Colorado. En esta cuenca predomina la sobreconcesión de derechos de agua y, como efecto del cambio climático, se han alterado los patrones de lluvia y temperatura y se ha afectado la disponibilidad de agua.** Este panorama ha motivado a los países involucrados a implementar medidas correctivas, entre las cuales se incluye la reducción de las asignaciones de agua.

El manejo de agua en Baja California

En México el principal usuario de los recursos hídricos en la zona es el Distrito de Riego 014 (DR-014), el cual, hasta hace poco, ostentaba la distinción de contar con suministro de agua sin importar las condiciones climáticas. Como ya se dijo, **además del sector agrícola, el Río Colorado abastece cerca del 90 % de la población de Baja California. Los municipios de Mexicali, Tecate, Tijuana, Rosarito y Ensenada enfrentan distintos desafíos en el manejo del agua, pero comparten la dependencia por los recursos del Río Colorado y la responsabilidad por la sobreexplotación de acuíferos.**

Desde el Tratado de 1944 el manejo del agua del Río Colorado se ha regido por mecanismos conocidos como "Actas", buscando acuerdos y estrategias técnicas.



Figura 1. Delta del Río Colorado. Fotografía de: Jesús Salazar, *Alianza Revive el Río Colorado*.

Ante la escasez de agua, la sobreexplotación de acuíferos y la reducción en la asignación del Río Colorado, es crucial explorar estrategias que garanticen la sostenibilidad hídrica, asegurando el derecho al agua para la población y promoviendo el desarrollo social y económico de la región

El 21 de marzo de 2024, se firmó el Acta 330, que establece una reducción en la asignación anual de agua a México denominada “medidas de conservación del agua adicionales”. Esta acción implica una disminución total de 494 millones de metros cúbicos para los próximos tres años. El Acta 330 tiene como antecedentes las actas 319, de 2012, y 323, de 2017, las cuales establecieron tres niveles de reducción de agua (volumen no recuperable para el país) de acuerdo con el nivel de agua del lago Mead en Estados Unidos, y ahorros de agua (volumen recuperable). Desde el año 2021, México no ha recibido su asignación completa y se prevén niveles bajos en el lago Mead, por lo que se estiman próximas reducciones.

En Baja California estas reducciones podrían tener implicaciones significativas. El DR-014, principal usuario de los recursos hídricos, no sólo enfrenta recortes, sino también problemas de salinidad en el agua y suelo, así como sobreexplotación de acuíferos.

Ante la escasez de agua, la sobreexplotación de acuíferos y la reducción en la asignación del Río

Colorado, es crucial explorar estrategias que garanticen la sostenibilidad hídrica, asegurando el derecho al agua para la población y promoviendo el desarrollo social y económico de la región.

Uso de modelos en el manejo de agua

Un enfoque fundamental para abordar la gestión del agua en Baja California es el uso de modelos. Los modelos proporcionan un marco analítico para evaluar diversas opciones factibles. Tras obtener resultados, se pueden seleccionar las opciones más adecuadas, considerando factores como el costo, la viabilidad y el impacto en la población y el medio ambiente. Los modelos proporcionan alternativas competitivas, permitiendo el análisis de diversas estrategias y fomentando la transparencia en la toma de decisiones (Badham et al., 2019). Es importante reconocer que los modelos, si bien valiosos, tienen limitaciones al ser aproximaciones a sistemas reales. Por otra parte, la adopción de modelos como herramientas para la toma de decisiones debe ir acompañada del involucramiento de la comunidad.

Aplicación de un modelo de planeación en Baja California

Frente a los desafíos en la gestión del Río Colorado, investigadores de la Universidad Autónoma de Baja California y la Universidad de California en Davis aplicaron un modelo para evaluar el impacto de las reducciones en el suministro de agua del Río Colorado (Hernández-Cruz et al., 2023). Esa evaluación se hizo con base en las demandas urbanas y agrícolas, en las condiciones hidrológicas, en la infraestructura y en las estrategias de manejo de agua.

El modelo representa la demanda y el suministro actual y futuro de agua para diferentes áreas, incluyendo el DR-014, que abarca Mexicali, San Luis Río Colorado, Tecate, Tijuana, Rosarito y Ensenada. Se consideraron escenarios individuales y conjuntos, dada la interconexión de fuentes de agua e infraestructuras entre estos subsistemas. Las decisiones en un área pueden afectar el suministro en otra, destacando la complejidad de la gestión hídrica regional.

Se identificaron factores de estrés hídrico y estrategias de manejo para el abastecimiento de agua de los usos agrícolas, urbanos y ambientales. Las estrategias de manejo fueron simuladas bajo escenarios de reducciones del Río Colorado y comparados con un escenario base. Uno de los principales resultados encontrados fue que el sector agrícola, encabezado por el DR-014, se ve particularmente afectado por los recortes de agua debido a su menor prioridad en el derecho del agua.

En el escenario más desfavorable (reducción máxima y no tomar acciones adicionales), se espera un déficit de agua



Figura 2. Distrito de Riego 014. Fotografía de: Jesús Salazar, *Alianza Revive el Río Colorado*.

de 643 Mm^3 para el año 2050, es decir, 30 % de la demanda total del DR-014. Se evidencia que el sistema actual, a pesar de su rendimiento aparentemente eficaz, se sustenta en la sobreexplotación de acuíferos a largo plazo.

Asimismo, **se exploraron posibles estrategias de manejo para mitigar estos impactos, destacando la necesidad de considerar la transferencia de agua de uso agrícola a urbano, el aumento de eficiencia en las redes urbanas, el reúso de aguas residuales y la desalinización como posibilidades para mejorar el suministro de agua en la zona costera** (Tijuana, Rosarito, Ensenada).

La reducción de la superficie cultivada surge como la estrategia más beneficiosa, aunque con posibles repercusiones económicas. Se sugiere acompañar estas medidas con alternativas, como fomentar cultivos más eficientes en el uso del agua para mitigar impactos económicos. Por otra parte, se identifican oportunidades para usuarios urbanos en la zona costera. En Tijuana, por ejemplo, se podrían abordar las fugas en la red de agua potable y en Ensenada se podría utilizar el agua tratada para el riego en los valles de Maneadero y Guadalupe. Ambas son opciones viables. La

En Tijuana, por ejemplo, se podrían abordar las fugas en la red de agua potable y en Ensenada se podría utilizar el agua tratada para el riego en los valles de Maneadero y Guadalupe

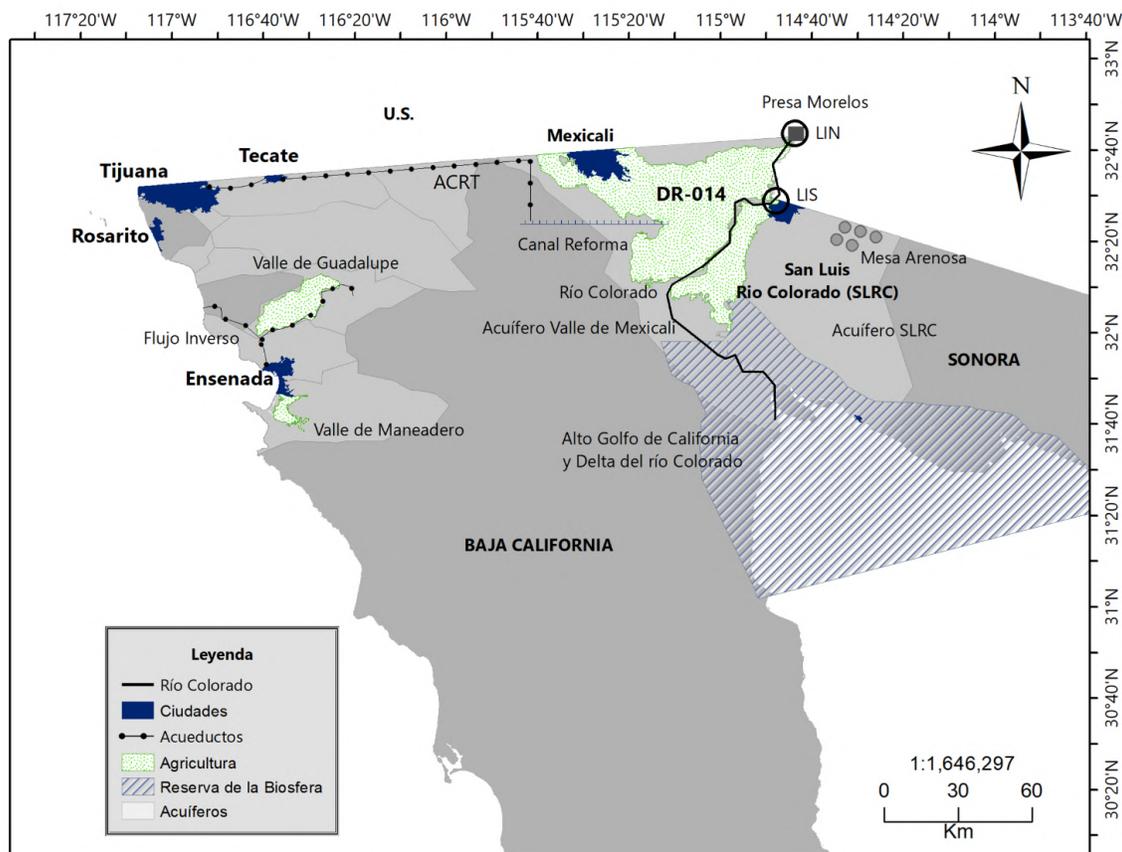


Figura 3. Área de estudio del modelo de planeación.

colaboración y la participación de diversos sectores son fundamentales para garantizar un suministro sostenible de agua.

El modelo de planeación para evaluar estrategias aplicadas para el uso sostenible del recurso hídrico no sólo es relevante para Baja California, sino que también puede extrapolarse a otras cuencas que enfrentan desafíos similares de escasez de agua. La investigación proporciona una visión integral para abordar los retos presentes y futuros en la gestión del agua en la región.

Conclusiones

La gestión del agua en Baja California, particularmente en relación con el Río Colorado, presenta desafíos significativos. Las negociaciones bilaterales, la aplicación de tratados internacionales y la introducción de medidas como el “Plan Binacional de Contingencia ante la Escasez de Agua” son pasos esenciales, pero se requiere una acción continua.

La aplicación de modelos de planificación se presenta como una herramienta valiosa para anticipar y mitigar los impactos de las decisiones en la gestión del agua.



Figura 4. Familia en Vado Carranza, ubicado en el Valle de Mexicali, disfrutando las entregas estratégicas de agua. Fotografía de: Jesús Salazar, *Alianza Revive el Río Colorado*.

No obstante, se destaca la necesidad de considerar cuidadosamente las limitaciones de los modelos y buscar enfoques integrales que promuevan la sostenibilidad y la equidad en el acceso al agua.

En medio de la competencia por el agua en Baja California, la colaboración entre sectores, la exploración de alternativas y la adopción de prácticas sostenibles son esenciales. La población, los agricultores, las autoridades gubernamentales y la comunidad académica deben unir esfuerzos para garantizar un suministro adecuado de agua, preservando no sólo la supervivencia de la región, sino también su desarrollo social y económico.

La gestión del agua en Baja California, particularmente en relación con el Río Colorado, presenta desafíos significativos. Las negociaciones bilaterales, la aplicación de tratados internacionales y la introducción de medidas como el “Plan Binacional de Contingencia ante la Escasez de Agua” son pasos esenciales, pero se requiere una acción continua

Referencias bibliográficas

Badham, J., Elsworth, S., Guillaume, J. H. A., Hamilton, S. H., Hunt, R. J., Jakeman, A. J., Pierce, S. A., Snow, V. O., Babbar-Sebens, M., Fu, B., Gober, P., Hill, M. C., Iwanaga, T., Loucks, D. P., Merritt, W. S., Peckham, S. D., Richmond, A. K., Zare, F., Ames, D., & Bammer, G. (2019). Effective modeling for Integrated Water Resource Management: A guide to contextual practices by phases and steps and future opportunities. *Effective modeling for Integrated Water Resource Management: A guide to contextual practices by phases and steps and future opportunities*, 116, 40-56.

<https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2019.02.013>

Hernández-Cruz, A., Sandoval-Solís, S., Mendoza-Espinosa, L. G., Ramírez-Hernández, J., Medellín-Azuara, J., & Daesslé, L. W. (2023). Assessing Water Management Strategies under Water Scarcity in the Mexican Portion of the Colorado River Basin. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 149(9).

<https://doi.org/10.1061/JWRMD5.WRENG-5985>

Análisis del tejido político y legal del sistema hídrico mexicano

Rogelio Aguilar Cruz *

Fabiola Doracely Yépez Rincón **

El modelo competencial del agua

Jurídicamente, el tema del agua, por tratarse de una materia en la que concurren los tres órdenes de gobierno —federal, estatal y municipal—, obliga a abordarlo como un sistema, toda vez que una característica común de las competencias concurrentes es la

distribución parcial de atención por cada orden de gobierno, como así lo expresa el Artículo 4º constitucional.

Un sistema político es un modelo a partir del cual se busca explicar y comprender cómo funciona la política en cuanto a acción, espacio y tiempo a partir de la interacción entre diversos actores, reglas, procesos, etcétera (López Montiel, 2020).

El origen del sistema de reglas formales radica en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. Se constituye como el documento fundatorio y primario, que hace posible las demás leyes. Establece y da vida a los órganos y procedimientos para crear nueva legislación o reformar las que ya existen. Reconoce y garantiza los derechos ciudadanos que las normas deben respetar y el límite de los órganos frente a esos derechos. Ahora bien, para poder sostener las reglas que definen el orden político, fueron creadas las instituciones.

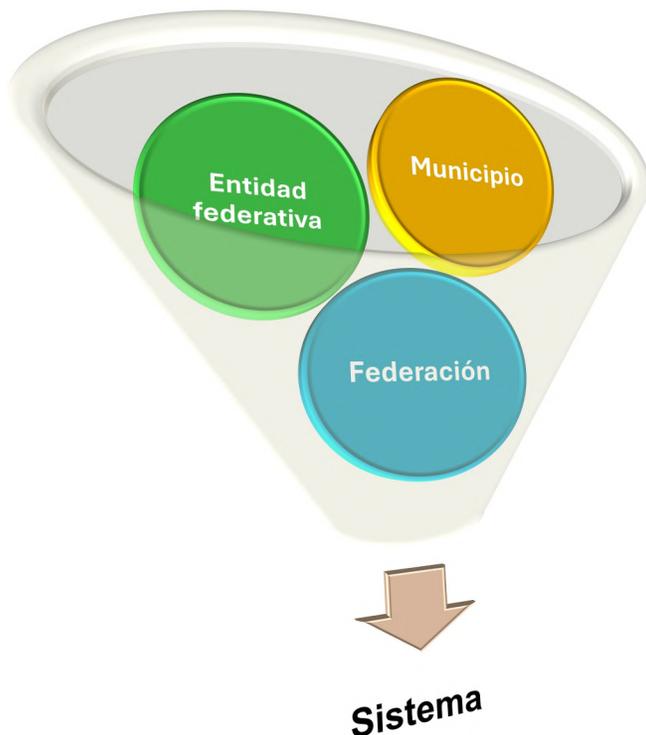


Figura 1. Esquema de competencias concurrentes que deben abordarse como un sistema en México.

* Escuela Nacional de Protección Civil

** Universidad Autónoma de Nuevo León

El federalismo, en su esencia, entraña un equilibrio dinámico entre la unidad y la diversidad, entre las tendencias centralizadoras y las descentralizadoras. Por ello mismo, con el tiempo, ha experimentado continuos ajustes al acomodarse progresivamente a las nuevas realidades y exigencias sociales, culturales, económicas y políticas (Fernández Segado, 2002).

El federalismo hídrico

El devenir entre centralización y descentralización se ilustra con la evolución del federalismo dual al federalismo cooperativo. **El modelo cooperativo se caracteriza por la gran cantidad de decisiones que requieren de la aceptación tanto de las instancias locales como de las federales. Como resultado tenemos una fuerte interacción entre ambas en el proceso de toma de decisiones** (Sánchez de la Barquera, 2014). Por el contrario, en el federalismo dual es muy reducida la cantidad de dichas decisiones. En este caso se habla de un alto grado de separación en el proceso decisorio.

En ese contexto, el federalismo presupone la coparticipación de poderes y funciones entre los tres órdenes del Gobierno mexicano, aunque en otras visiones teóricas sólo incluye las federales y las estatales. **El federalismo excluye toda rigidez, su característica distintiva es fomentar y distribuir formas de cooperación de carácter esencialmente práctico. En México, esta cooperación se ha encauzado a través de una vía denominada facultad constitucional concurrente o competencia concurrente,** es decir, que en el sistema jurídico mexicano las facultades constitucionales concurrentes implican que las entidades federativas —incluso la Ciudad de México—, los municipios y la federación, puedan actuar respecto de una misma materia, pero que será el Congreso de la Unión el que determine la forma y los términos de las participaciones de dichos entes a través de una Ley General. Y así encontramos materias como salud, medio ambiente, protección civil, educación, asentamientos humanos, contabilidad gubernamental, desarrollo social, entre otras, en las que los distintos órdenes antes señalados concurren en competencias parciales.

en el sistema jurídico mexicano las facultades constitucionales concurrentes implican que las entidades federativas —incluso la Ciudad de México—, los municipios y la federación, puedan actuar respecto de una misma materia, pero que será el Congreso de la Unión el que determine la forma y los términos de las participaciones de dichos entes a través de una Ley General

La Suprema Corte de Justicia de la Nación ha concluido que dicha competencia refiere facultades en los distintos niveles de gobierno que no funcionan únicamente en una relación jerárquico-normativa o de distribución competencial, sino que tienen una injerencia directa en las políticas públicas desarrolladas por aquellos cuya autonomía tiene un impacto directo en la relación de la planeación de las distintas jurisdicciones.

El tejido político y legal del sistema hídrico mexicano

El agua es un tema de interés concurrente, por tanto, su competencia se distribuye entre los tres órdenes de gobierno. Cabe, entonces, hacernos los siguientes cuestionamientos: ¿cuál es el estado actual del tejido político y legal del sistema hídrico en México? y ¿qué elementos, desde el enfoque político y legal, se necesitan para que el sistema hídrico o la política hídrica tenga mejores resultados en los siguientes años?

Tras una reforma constitucional en febrero de 2012, el congreso mexicano en el Artículo 4º, 6º párrafo, de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos reconoció que:

toda persona tiene derecho al acceso, disposición y saneamiento de agua para consumo personal y doméstico en forma suficiente, salubre, aceptable y asequible. El Estado garantizará este derecho y la ley definirá las bases, apoyos y modalidades para el acceso y uso equitativo y sustentable de los recursos hídricos, estableciendo la participación de la Federación, las entidades federativas y los municipios, así como la participación de la ciudadanía para la consecución de dichos fines. (p. 10)

Con esta reforma se le ordenó al Legislativo emitir una Ley General de Aguas dentro de un plazo de 360 días. De acuerdo con la Secretaría de Gobernación (2022) desde septiembre de 2012 a la fecha se han presentado 14 iniciativas para expedir una Ley General de Agua pero,

el marco legal de las aguas nacionales se rige por la Ley de Aguas Nacionales, vigente hasta la fecha, la cual establece las bases para la manejo y control de las aguas nacionales. Esta ley incluye un sistema nacional de aguas, encargado de planificar, regular y controlar el uso y aprovechamiento de las aguas, así como de promover la participación ciudadana en la gestión del recurso

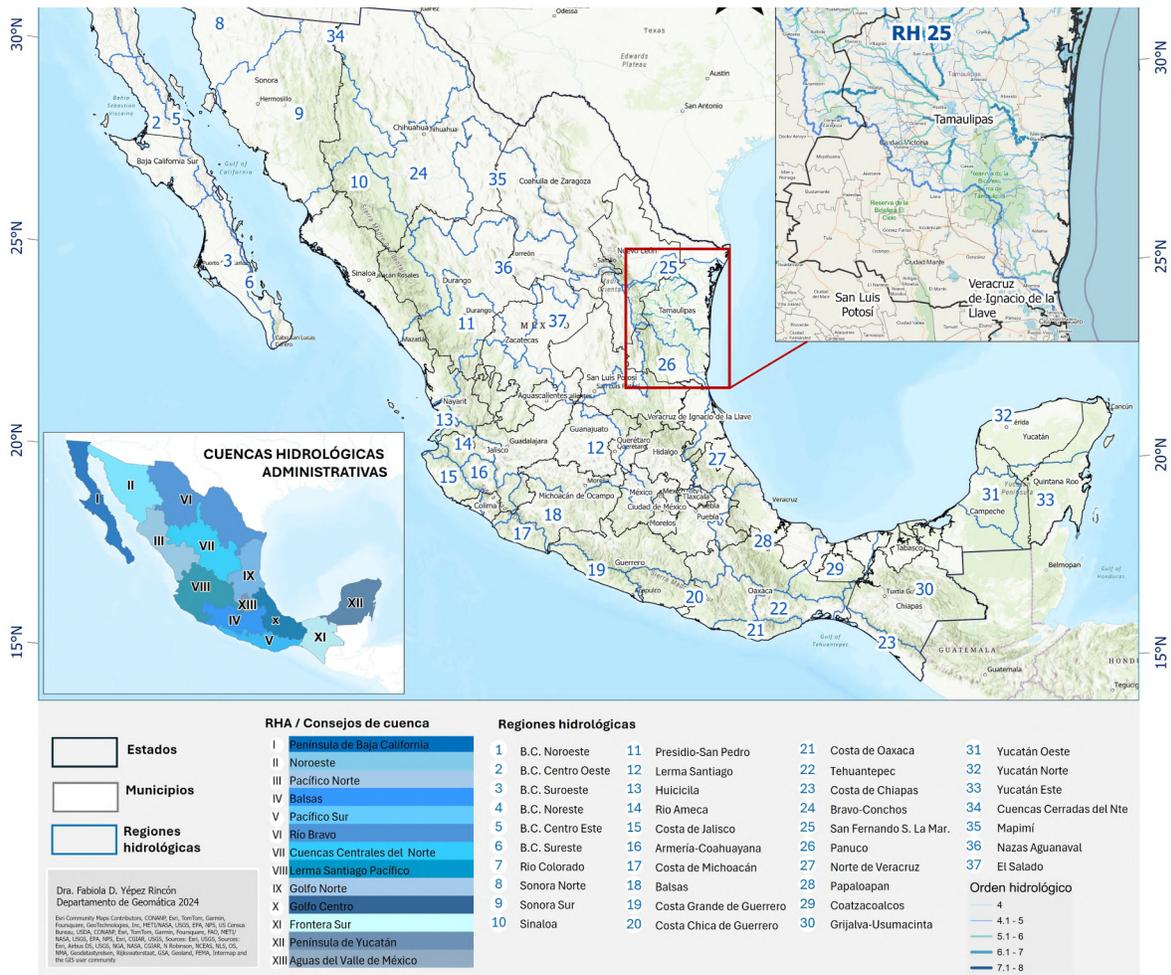


Figura 2. Cuencas hidrológicas de México, consejos de cuenca y ejemplo de una región hidrológica (RH 25) compartida entre los estados de Nuevo León y Tamaulipas.

desafortunadamente, durante estos 11 años y a pesar de los esfuerzos en las diferentes cámaras, no se ha logrado la expedición de la nueva legislación.

Aún con la omisión legislativa, a nivel ley secundaria, el marco legal de las aguas nacionales se rige por la Ley de Aguas Nacionales, vigente hasta la fecha, la cual establece las bases para la administración, manejo y control de las aguas nacionales. Esta ley incluye un sistema nacional de aguas, encargado de planificar, regular y controlar el uso y aprovechamiento de las aguas, así como de promover la participación ciudadana en la gestión del recurso.

Ahora bien, la institución que se encarga del agua en México es la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), órgano

desconcentrado de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) del Gobierno Federal, la cual determina la política en este sector (a través de sus regiones hidrológico-administrativas y Consejos de Cuenca, Figura 2). Aunque, desde que se constituyó en 1989, la CONAGUA se define como un ente con autonomía técnica, ejecutiva, administrativa, presupuestal y de gestión, no es del todo cierto, toda vez que no es una entidad paraestatal. Desconcentrar es un procedimiento administrativo para facilitar la ejecución de las leyes administrativas, pero los órganos superiores conservan íntegramente sus poderes de mando, control, revisión, decisión, vigilancia, etc., cuya finalidad es aligerar la acumulación de asuntos del

estamos en el momento justo para definir qué tipo de entidad pública administradora, operadora y prestadora del servicio del agua queremos en el país: centralizada, como la estructurada por el gobierno federal, o paraestatal, como la han encaminado las entidades federativas y los municipios

poder central, con beneficio del propio servicio público y de los particulares (Diario Oficial de la Federación, 2009).

La situación es diferente con los organismos que fueron constituidos en las entidades federativas, porque su forma de administración pública es la de organismos públicos descentralizados (paraestatales), lo que efectivamente les da no sólo personalidad jurídica propia, sino también autonomía presupuestal, administrativa, técnica y de gestión. En los municipios mexicanos, para la prestación del servicio del agua potable y alcantarillado, se han constituido Organismos Operadores del Agua, de tal suerte que existen 2826 organismos del sector paraestatal y privado (Flores Félix, 2019).

Por lo anterior, estamos en el momento justo para definir qué tipo de entidad pública administradora, operadora y prestadora del servicio del agua queremos en el país: centralizada, como la estructurada por el gobierno federal, o paraestatal, como la han encaminado las entidades federativas y los municipios (mayoritariamente).

Diagnóstico

Respecto al tejido legal, los principales riesgos de incertidumbre hídrica ante el Cambio Climático en México se refieren al sistema de competencias concurrentes en los sectores de medio ambiente, de desarrollo urbano y de monitoreo y riesgos, en particular en cuanto a partidas presupuestarias (Bravo, 2020). Por ello podemos concluir que existen, cuando menos, cuatro grandes problemas que deben atenderse para contar con una mejor política hídrica o sistema hídrico. A saber:

1. Una Comisión Nacional del Agua poco fortalecida en su sistema de gestión.
2. Una ausencia del Legislativo federal al no expedir la Ley General de Aguas.
3. Una falta de valoración profunda de la pertinencia de una Ley General, toda vez que las competencias parciales no han resultado ser la solución.
4. Un desconocimiento del valor de los ríos urbanos en las ciudades y zonas metropolitanas como elemento a considerar en la ley dentro del sistema hídrico.

Conclusiones

El federalismo ha brindado la posibilidad de encontrar respuestas transdisciplinarias. El círculo virtuoso que puede establecerse entre federación, estados, municipio y comunidad se ve amenazado por los efectos de la globalidad debido a las exigencias que ésta impone a las instituciones, tanto desde el exterior como desde el interior, por medio de sus agentes. Dichas exigencias se manifiestan en tensiones y rupturas dentro de los espacios locales y federales (Reyes, 2006). **En sistemas unitarios, se encuentran respuestas más concretas, puesto que se trata de un solo poder central, una sola institución y un único marco nacional, lo que no ocurre en los sistemas federales, en los que, por la intervención de sus varios órdenes de gobierno y órganos legislativos, es más complicado instituir un tema o una agenda.**

El presente análisis nos obliga a replantear la gestión del agua, toda vez que la regulación del uso de suelo por parte de los estados o los municipios —en ejercicio de su autonomía— se realiza conforme a sus propios intereses. **La poca o nula operación multinivel entre actores y usuarios ha entrampado la buena intención de una Ley General de Aguas por la insuficiente definición de atribuciones frente a los requerimientos de la población y del medio ambiente.**

El agua no reconoce las fronteras político-administrativas, esto lleva a la necesidad de explorar la posibilidad de elaborar una nueva Ley de Aguas, en la que la competencia ya no sea concurrente, sino más bien una sola Ley Nacional de Aguas (como ocurrió con la Ley de Infraestructura de la Calidad recién aprobada). Con ésta se podrían evitar los sesgos pragmáticos y metodológicos, previniendo que ni los estados ni los municipios hagan otras leyes en relación con el agua y que más bien se promueva una sola agenda, con las responsabilidades y partidas presupuestarias bien articuladas hacia los tres niveles de gobierno.

La administración del sistema hídrico de México requiere una agenda que contemple un horizonte de al menos diez años, permita aumentar su resiliencia y evalúe la política pública con indicadores estratégicos de medias nacionales y regionales que sirvan para controlar los asentamientos humanos y sus impactos, así como para dar seguimiento a las obligaciones y competencias de los actores.



Referencias bibliográficas

Bravo Ramírez, J. (2020). Subsidiariedad: principio consolidador del sistema de competencias concurrentes mexicano en materia ambiental. *Revista de Interés Público (ReDIP)*, (5), 71-90. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/111394>

Diario Oficial de la Federación. (2009, marzo 2). VOTO particular que formula el Ministro José Ramón Cossío Díaz en la sentencia dictada en la Acción de Inconstitucionalidad 38/2006, promovida por el Procurador General de la República en contra de las Cámaras de Diputados y de Senadores del Congreso de la Unión y del Presidente de los Estados Unidos Mexicanos. *DOF - Diario Oficial de la Federación*. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5082117&fecha=02/03/2009#gsc.tab=0

Fernández Segado, F. (2002). Reflexiones críticas en torno al federalismo en América Latina. En *Federalismo y regionalismo: memoria del VII Congreso Iberoamericano de Derecho Constitucional* (pp. 105-157). Universidad Nacional Autónoma de México.

Flores Felix, J. F. (2021). *Diagnóstico sobre el papel de los organismos operadores como generadores y usuarios de información sobre agua Resumen ejecutivo*. CIESAS. Recuperado el 20 de mayo de 2024 de: https://ciesas.edu.mx/wp-content/uploads/2021/11/DiagnosticoConstruccion%C8%9InSistema-Integral_Flores-Felix-J-Francisco-.pdf

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2020). *Censos económicos 2019*.

Panorama censal de los organismos operadores de agua en México [Monografía]. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/hueva_estruc/702825198800.pdf

Montiel, G. L. (2020). The new Mexican political system: reconfiguration of capacities and power. *Cuadernos Iberoamericanos*, 8(1), 10-27. <https://doi.org/10.46272/2409-3416-2020-8-1-10-27>

Sánchez de la Barquera y Arroyo, H. (2014). El federalismo como forma de organización del Estado. En H. Sánchez de la Barquera y Arroyo (Ed.), *Antologías para el estudio y la enseñanza de la ciencia política: Fundamentos, teoría e ideas políticas* (pp. 211-238). Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigaciones Jurídicas. <https://archivos.juridicas.unam.mx/www/bjv/libros/8/3710/17.pdf>

Secretaría de Gobernación. (2022). *Proposición con punto de acuerdo para conformar una comisión especial para la expedición de la Ley General de Aguas* [Ficha técnica]. http://sil.gobernacion.gob.mx/Archivos/Documentos/2022/03/asun_4340834_20220323_1648061302.pdf

Soto-Reyes Garmendia, E. (2006). Federalismo, sociedad y globalidad: los retos del porvenir. *Política y cultura*, (25), 27-45. <https://www.scielo.org.mx/pdf/polcul/n25/n25a03.pdf>

El río urbano como infraestructura resiliente ante el cambio climático

Fabiola Doracely Yépez Rincón *

Rogelio Aguilar Cruz **

La situación de los ríos

La heterogeneidad de los recursos hídricos superficiales de México es el resultado de su excepcional fisiografía. En los casi 1.97 millones de km² de superficie del país se presentan las condiciones topográficas, orográficas y de precipitación para la formación de 150 ríos, sin embargo, la distribución del agua es bastante desbalanceada, pues pueden encontrarse al sureste algunos de los lugares más húmedos y al noroeste algunos de los lugares más secos de todo el continente americano (Pease et al., 2023).

Desafortunadamente, **más del 60 % de los ríos del país están fuertemente impactados por las actividades humanas (Diario Oficial de la Federación, 2020). En su mayoría las afectaciones se deben a la construcción de represas, puentes o carreteras, al cambio de uso de la tierra, la minería, la agricultura y el desarrollo de centros urbanos e industriales que alteran y modifican los corredores fluviales. La degradación de los ecosistemas riparios sucede cuando sus características físicas, químicas, biológicas, hidrológicas o morfológicas son alteradas** (Mora et al., 2021). Aunque

esta degradación podría suceder en cualquier sección dentro de la cuenca hidrológica, generalmente el cauce presenta los mayores impactos en su cercanía a los sistemas urbanos y periurbanos.

El concepto de *río urbano*

Los ríos urbanos son aquellos escurrimientos incorporados a la urbanización, cuyos regímenes de sedimentos han sido modificados por superficies no permeables, como suelo compactado, pavimentos o concreto, característicos de las ciudades (Mireles Soria, 2021).

Es en las ciudades donde los patrones del flujo natural se alteran o contaminan con el ingreso de descargas urbanas e industriales en las secciones del río (Archer et al., 2021) (Figura 1). También es ahí donde la capacidad del afluente puede ser disminuida dramáticamente o hasta desaparecida debido a la alteración de la morfología de las planicies aluviales que, al ser ocupadas por la población humana, presentan nuevas obstrucciones para el flujo y, por lo tanto, se convierten en un riesgo para quienes ahí habitan (Figura 2).

* Escuela Nacional de Protección Civil

** Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL)



Figura 1. Descargas de aguas residuales desde un canal pluvial hacia el Río Pesquería, Nuevo León, (A) vista puntual aérea y (B) vista cuenca aguas arriba. Fotografías: Departamento de Geomática, Facultad de Ingeniería Civil, UANL, 2024.



Figura 2. Ejemplo de la ocupación de las planicies aluviales del Río Pesquería, mostrando en la línea celeste arriba la planicie aluvial y en el recuadro rojo un acercamiento a las viviendas y población en riesgo de inundaciones. Fotografías: Departamento de Geomática, Facultad de Ingeniería Civil, UANL, 2024.

La gestión de los ríos urbanos

De acuerdo con registros históricos, el impacto humano sobre los ríos de México sucedió desde la época prehistórica (Pease et al., 2005). Las modificaciones que se hicieron en diferentes escalas incluían prácticas agrícolas y canalización, entre otras. **Desde los años setenta del siglo pasado se tomó conciencia a nivel mundial sobre dicho impacto reconociendo que las ciudades fluviales —o ciudades con ríos— requieren un enfoque de gestión basado en la resiliencia a las inundaciones, pero la realidad es que aún falta mucho para realizar un cambio en la gestión de ríos que evite la modificación de su morfología y que reconozca que ese manejo que se le ha dado hasta ahora es lo contrario a la resiliencia. Eso es más bien resistencia.**

La gestión de resistencia a las inundaciones se ha realizado por décadas mediante la construcción de diques, presas y canalizaciones que, si bien funcionan de manera temporal, han ignorado las incertidumbres inherentes del clima actual y futuro, como son huracanes y tormentas

las planicies aluviales tienen una función natural de control de inundaciones. Por ello, desde la planificación de la ciudad, se deberían considerar dichas planicies como un elemento trascendental para la resiliencia urbana, procurando mantener un porcentaje de área inundable para el control de las inundaciones

que serán cada vez más frecuentes y agresivos, provocando más y mayores inundaciones (Figura 3). Además, por muchos años, en esta gestión de resistencia se omitió el vínculo humano-naturaleza, dependiente de la sana funcionalidad del río y sus servicios ambientales. Sin respetarse dichas funciones y los espacios necesarios donde se llevan a cabo, se han ocupado las planicies por naturaleza inundables y, en consecuencia, la población se ha hecho más vulnerable a sufrir pérdidas humanas y daños materiales (Figura 4).

La salud fluvial

El ecosistema ripario requiere de los procesos hidrológicos, químicos, físicos, biológicos y climatológicos necesarios para desempeñar sus funciones de manera eficaz y sostenible; a la adecuada funcionalidad de ellos se le conoce como *salud fluvial*, la cual cuenta también con características espaciales y no espaciales, así como multidimensionales, que deben ser consideradas al momento de gestionar los ríos urbanos (Mireles Soria, 2021).

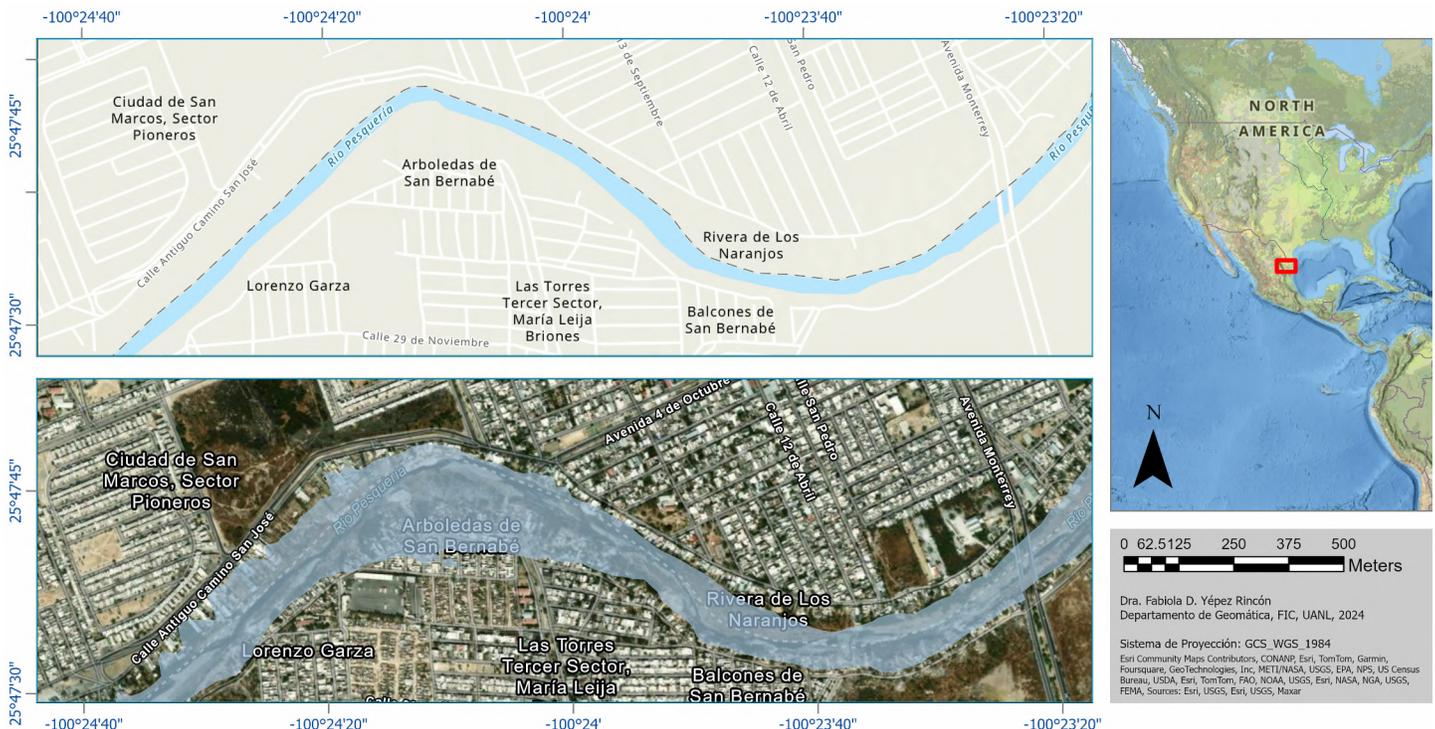


Figura 3. Planicie de inundación del Río Pesquería, arriba representando el caudal promedio y abajo la inundación simulada del huracán Alex en 2010. Fuente: Departamento de Geomática, Facultad de Ingeniería Civil, UANL, 2024.



Figura 4. Sección del Río Pesquería con asentamientos humanos dentro de la zona inundable con probabilidad media u ocasional, simulada del huracán Alex en 2010. Fuente: Departamento de Geomática, Facultad de Ingeniería Civil, UANL, 2024.

Aunque los porcentajes de impacto en los ríos varían de una ciudad a otra o, incluso, de una sección a otra dentro del mismo cauce, el desarrollo de la problemática es similar (Figura 4). Se realiza un cambio de uso de suelo, que modifica las condiciones topográficas del cauce y de su zona de captación o planicie aluvial. Es entonces cuando se presenta una de las situaciones más críticas, pues las planicies aluviales tienen una función natural de control de inundaciones. Por ello, desde la planificación de la ciudad, se deberían considerar dichas planicies como un elemento trascendental para la resiliencia urbana, procurando mantener un porcentaje de área inundable para el control de las inundaciones.

Lo anterior está previsto en instrumentos de política ambiental, como son los ordenamientos urbano-territoriales y los atlas de riesgo.

Las inundaciones fluviales

Por otro lado, **las inundaciones se definen como el rebase de los límites normales de confinamiento de una corriente o el rápido ascenso en el nivel del agua, que generalmente provoca caudales inusuales que cubren terrenos comúnmente no sumergidos** (Sistema Nacional de Información Ambiental, 2021; Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, 2021). Si bien existen distintos tipos de inundaciones, las inundaciones fluviales suceden con el desbordamiento de los ríos y entran en conflicto con la población que ocupa la llanura de inundación.

En la Figura 4, por ejemplo, se puede observar una sección del Río Pesquería entre Monterrey y Escobedo, en Nuevo León, donde el desarrollo urbano y asentamientos irregulares han invadido las planicies inundables. En estas zonas, se

El término resiliencia urbana ante las inundaciones hace referencia a la capacidad que tiene una ciudad para tolerar las inundaciones y a la rapidez de recuperación o reorganización en caso de que se produzcan daños físicos y trastornos socioeconómicos

encuentran cientos de viviendas donde viven miles de personas, quienes cada año, cuando las lluvias llegan, no sólo enfrentan el riesgo de perder sus bienes sino también su vida. Aunque la vulnerabilidad de esta población varía dependiendo de cada situación. La noción de *vulnerabilidad diferencial* indica que en una misma zona geográfica se presentan diferentes tipos de construcción y distintas condiciones socioeconómicas, lo cual es representativo de los patrones de fragmentación espacial característicos de los países latinoamericanos (Cardoso, 2017).

La resiliencia de ríos urbanos ante inundaciones

El término *resiliencia urbana ante las inundaciones* hace referencia a la capacidad que tiene una ciudad para tolerar las inundaciones y a la rapidez de recuperación o reorganización en caso de que se produzcan daños físicos y trastornos socioeconómicos (Liao, 2012 citado por González González, 2020). **La resiliencia urbana ante las inundaciones busca prevenir muertes y daños materiales para mantener la identidad de la ciudad; aprende incorporando conocimiento de eventos pasados, considerándolos para tomar decisiones inteligentes, que ayude a preparar la ciudad frente a nuevas inundaciones extremas.** Al menos esa es la idea, o debiera serlo.

La resiliencia urbana ha sido estudiada en relación con las inundaciones por González González (2020), quien implementa un enfoque cuantitativo desde una base epistemológica empirista para evaluar la construcción de resiliencia urbana frente a inundaciones fluviales. La Figura 5 muestra la adaptación del autor a la metodología aplicada *Flood-IMPAT+* del Politécnico de Milano (Menoni et al., 2016) en donde aborda tanto la dimensión territorial como la dimensión comunitaria, definiendo los factores determinantes y las relaciones directas e indirectas para comprender el fenómeno de inundaciones fluviales y sus consecuencias sobre los territorios y las comunidades.

Para muchos autores la resiliencia urbana ante las inundaciones desafía la creencia convencional que considera que las ciudades requieren un control de inundaciones y que, por lo tanto, deben construir nueva infraestructura para retención y contención. **El construir nueva infraestructura gris (es decir, la producida por el hombre con materiales como acero y concreto) no es realmente construir resiliencia, sino resistencia.** Generalmente a estas obras se les conoce como estrategias estructurales para mitigar las inundaciones, y se realizan cuando los ríos están perdiendo la capacidad funcional de contener las

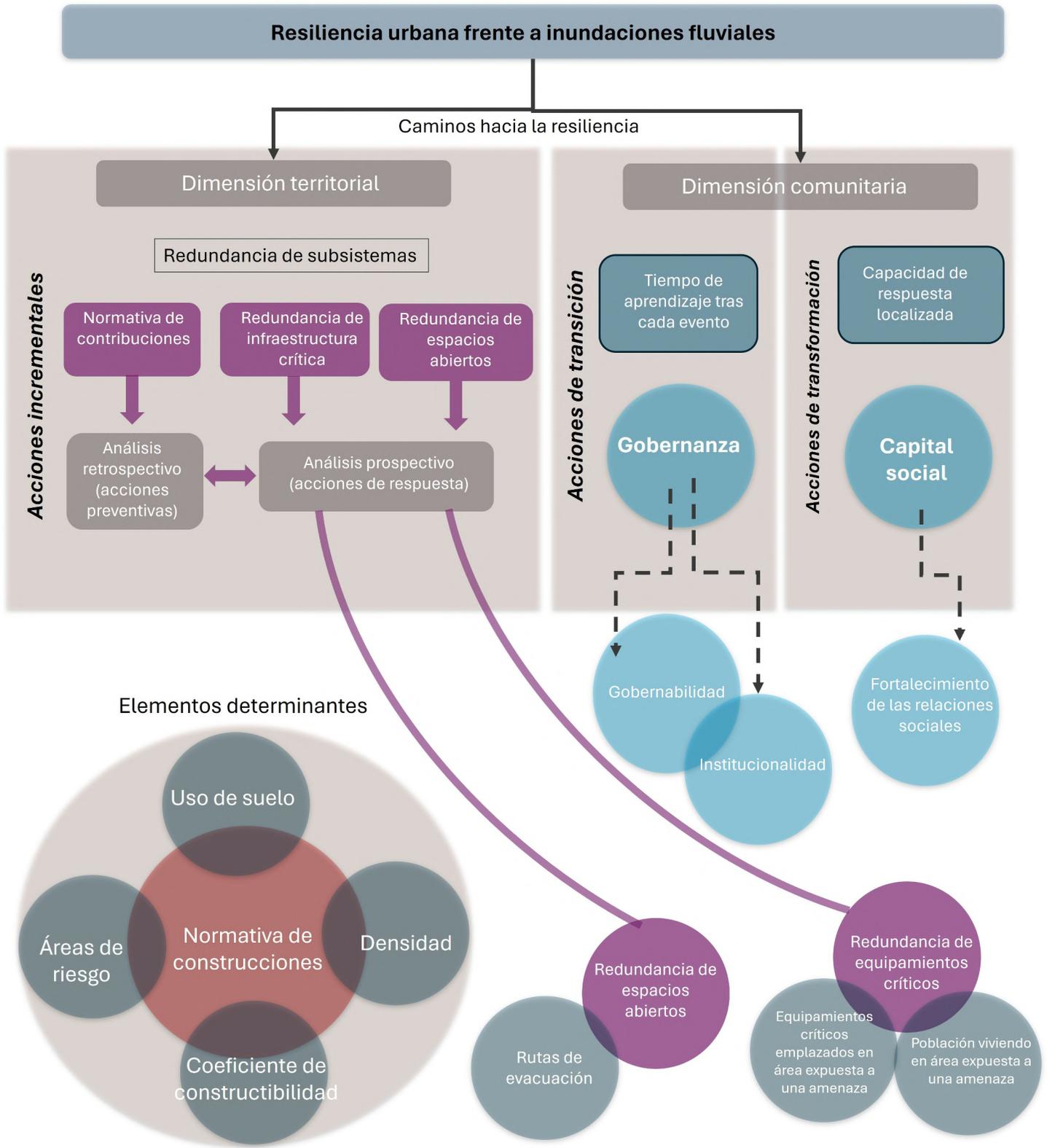


Figura 5. Caminos hacia la resiliencia urbana a inundaciones fluviales y sus factores determinantes. Fuente: Adaptado de González González (2020).

inundaciones. Las medidas de mitigación incluyen la aplicación de métodos geoespaciales —como el análisis multicriterio para determinar sitios prioritarios distribuidos entre la zona funcional media y la zona funcional baja de la microcuenca— y después el diseño de estrategias estructurales acordes a la dinámica hídrica de cada microcuenca. Estas obras ayudan al control de la erosión en cárcavas, laderas y pendientes inestables, a la estabilización de cauces, a la retención de sedimentos y a la conducción de flujos (canalizaciones). Además, son altamente costosas, pero lo más importante es que pueden evitarse con una buena planeación urbana.

Entonces, si la teoría de la resiliencia urbana a las inundaciones es aplicada de manera directa al reconocer al río urbano como infraestructura resiliente ante el cambio climático, los ríos proporcionan la infraestructura natural que se requiere para controlar las inundaciones. Por ello es imperativo presentar un marco alternativo para la gestión del peligro de inundaciones urbanas, es decir, es necesaria y urgente una revisión de las normas y leyes que regulan el cambio de uso de suelo en las ciudades.

si la teoría de la resiliencia urbana a las inundaciones es aplicada de manera directa al reconocer al río urbano como infraestructura resiliente ante el cambio climático, los ríos proporcionan la infraestructura natural que se requiere para controlar las inundaciones. Por ello es imperativo presentar un marco alternativo para la gestión del peligro de inundaciones urbanas, es decir, es necesaria y urgente una revisión de las normas y leyes que regulan el cambio de uso de suelo en las ciudades

El tejido político para el control de inundaciones

El tejido político para la protección de los bienes y la disminución del riesgo civil sobre las planicies de inundación de los ríos y arroyos en México es inadecuado.

La protección contra las inundaciones requiere de una estrategia integral que optimice los recursos y servicios ecológicos de la cuenca, disminuya el impacto ambiental y reduzca la vulnerabilidad de la población y los bienes. Asimismo, es necesario conocer las funciones y competencias de las autoridades que intervienen en las políticas que modifican la cuenca, es decir que se requiere de una gestión integral del riesgo de inundaciones (Newson et al., 2022).

Este argumento está basado en que muchas de las amenazas de inundaciones actuales se encuentran sobre secciones que, de manera natural, tiene la cuenca, pero que la urbanización ha aumentado desmesuradamente la posibilidad de riesgo por el nivel de exposición de la población o la infraestructura. Esto se debe a una falta tanto de la aplicación de la normativa actual, como de ordenamientos

urbano-territoriales que regulen el crecimiento de las ciudades, pues su fin es inducir el uso del suelo y las actividades productivas, para lograr la protección del medio ambiente, preservación y aprovechamiento.

Otro común denominador es la falta de planes de desarrollo urbano que consideren la conservación de la llanura aluvial completa como una medida de prevención de riesgo de desastre. A ello se suma la deficiente capacidad institucional de los ayuntamientos del país para atender la problemática urbana. **Se requiere cambiar el paradigma de los ríos en México, con una base sólida y datos científicos que ayuden a delimitar atribuciones, responsabilidades y derechos sobre estos ecosistemas.**

La emergencia por el clima y por la vulnerabilidad

En el mundo se reconoce que las inundaciones son uno de los peligros climatológicos de mayor impacto y que son responsables del mayor número de pérdidas económicas y humanas durante los últimos cien años (EM-DAT, 2021; Archer et al., 2024).

En México las inundaciones representan el 34 % de los desastres, siendo el evento extremo más frecuente (Rhenals Arteaga, 2023).

El impacto de las inundaciones es, además, exacerbado por la vulnerabilidad que causa un modelo de Estado que pareciera no funcionar y por la pérdida de infraestructura natural. Si se analizan los últimos cuarenta años, las decisiones neoliberales que se han tomado por décadas ahondaron las brechas de desigualdad e incrementaron la vulnerabilidad social. Entiéndase por neoliberalismo a la política económica que nos impusieron formalmente, desde 1989, con el Consenso de Washington acerca de una “nueva colonización de mercados, disfrazada de sistema de desarrollo que, por supuesto, no le fue consultada a ningún país en vías de desarrollo” (Villamizar Marulanda & Uribe Arbeláez, 2009, p. 124).

Hace falta entender que esta vulnerabilidad diferencial cala hondo en el desastre y postdesastre, ya que representa el nivel de la afectación entre los grupos de la población impactada por el clima. Por ello es de crucial importancia generar políticas públicas que permitan realmente dirigirse a los grupos más afectados por las inundaciones.

El impacto de las inundaciones es, además, exacerbado por la vulnerabilidad que causa un modelo de Estado que pareciera no funcionar y por la pérdida de infraestructura natural. Si se analizan los últimos cuarenta años, las decisiones neoliberales que se han tomado por décadas ahondaron las brechas de desigualdad e incrementaron la vulnerabilidad social

Referencias bibliográficas

- Archer, L., Hatchard, S., Devitt, L., Neal, J. C., Coxon, G., Bates, P. D., Kendon, E. J., & Savage, J. (2024). Future Change in Urban Flooding Using New Convection-Permitting Climate Projections. *Water Resources Research*, 60(1). <https://doi.org/10.1029/2023WR035533>
- Cardoso, M. M. (2017). Estudio de la vulnerabilidad socio-ambiental a través de un índice sintético. Caso de distritos bajo riesgo de inundación: Santa Fe, Recreo y Monte Vera, Provincia de Santa Fe, Argentina. *Caderno de Geografia*, 27(48), 156-183. <https://www.redalyc.org/pdf/3332/333249827009.pdf>
- Diario Oficial de la Federación. (2020, diciembre 30). Programa Nacional Hídrico 2020-2024. DOF - Diario Oficial de la Federación. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5609188&fecha=30/12/2020
- EM-DAT. (2021). Inventorying hazards & disasters worldwide since 1988. EM-DAT - The international disaster database. Recuperado el 20 de mayo de 2024 de: <https://www.emdat.be/>
- González González, L. E. (2020). Resiliencia urbana frente a inundaciones fluviales : factores determinantes en la planificación de ciudades intermedias del valle central de Chile - experiencias entre 1984 y 2017 [Tesis doctoral]. http://repobib.ubiobio.cl/jspui/bitstream/123456789/3758/1/Gonz%c3%a1lez_Gonz%c3%a1lez_Luis_Eduardo.pdf
- Menoni, S., Molinari, D., Ballio, F., Minucci, G., Mejri, O., Atun, F., Berni, N., & Pandolfo, C. (2016). Flood damage: a model for consistent, complete and multipurpose scenarios. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 16(12), 2783-2797. <https://doi.org/10.5194/nhess-16-2783-2016>
- Mireles Soria, D. L. (2021). Elaboración de un modelo multicriterio con base SIG para el manejo integral de ríos urbanos utilizando VANTS y tecnología espectral [Tesis de maestría]. <http://eprints.uanl.mx/id/eprint/22894>
- Mora, A., García-Gamboa, M., Sánchez-Luna, M. S., Gloria-García, L., Cervantes-Avilés, P., & Mahlkecht, J. (2021). A review of the current environmental status and human health implications of one of the most polluted rivers of Mexico: The Atoyac River, Puebla. *Science of The Total Environment*, 782, 2-16. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146788>
- Newson, M., Lewin, J., & Raven, P. (2022). River science and flood risk management policy in England. *Progress in Physical Geography: Earth and Environment*, 46(1), 105-123. <https://doi.org/10.1177/03091333211036384>
- Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. (2021). Cambio climático 2021. IPCC. Recuperado el 20 de mayo de 2024 de: https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WG1_SPM_Spanish.pdf
- Pease, A. A., Capps, K. A., Castillo, M. M., Hendrickson, D. A., Mendoza-Carranza, M., Rodiles-Hernández, R., Avila, C., & Contreras-MacBeath, T. (2023). Rivers of Mexico. En M. D. Delong, T. D. Jardine, A. C. Benke, & C. E. Cushing (Eds.), *Rivers of North America* (pp. 974-1024). Elsevier Science. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818847-7.00004-5>
- Rhenals Arteaga, K. V. (2023). Análisis del riesgo por inundación en el marco del ordenamiento territorial del distrito de Cartagena de Indias. aportes desde un estudio de caso en los Barrios Fredonia y Nuevo Paraíso [Tesis de maestría]. https://repositorio.ucm.edu.co/bitstream/10839/4274/1/RhenalsArteagaKatherineVictoria_2023_MCGYRD.TG.pdf
- Sistema Nacional de Información Ambiental. (2021). Eventos extremos y desastres. SINIA. Recuperado el 20 de mayo de 2024 de: <https://sinia.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2021/04/17-eventos-extremos-y-desastres.pdf>
- Villamizar Marulanda, É., & Uribe Arbeláez, M. (2009). El fracaso del neoliberalismo y su modelo de desarrollo. *Revista La Propiedad Inmaterial*, 13, 119-150. <https://revistas.uexternado.edu.co/index.php/propin/article/view/459/3626>

Tal como el agua *

Antonio Preciado

Parto de que me bebo este poema,
de que yo siempre sueño cataratas,
de que no en vano se me va la lengua
si, aunque se atoren las palabras secas,
cuando empujo mi sed,
empieza el agua.

Empieza el agua buena de los niños
el agua niña del alegre charco,
el agua de los lunes,
los domingos,
el agua primordial de todo el año;
el agua audaz que se decide a ola,
el agua firme que horadó la roca,
el agua torrencial que me ha mojado;
el agua lavandera de la casa,

el agua pobre que jamás descansa,
el agua que anda a pie por los sembrados;
el agua perspícaz que al coco trepa,
el agua que pensó con la cabeza,
el agua sabia que colmó el milagro;
no el agua tonta que confió en la arena,
no el agua boba que se dio a la pena,
no el agua insulsa que se ha vuelto santa,
no el agua que se enjuaga los pecados,
no el agua dolorida de la lágrima,
no el agua boquiabierta de la gárgara,
no la gota voraz como un océano,
no el agua mansa resignada a poco,
no el agua muerta de los ahogados
ni el aguasangre de mi pueblo roto.

Guía para la publicación de artículos en La Noria *Digital*

1. Características de los artículos

1.1. Se esperan artículos originales, no incluidos en otra publicación, redactados con rigor en lenguaje sencillo y claro, referidos preferentemente a experiencias o investigaciones de los autores y colectivos sobre la problemática del ciclo socionatural del agua y orientados a la diseminación de conocimientos, información y prácticas de manejo y cuidado del agua.

1.2. Los textos tendrán una extensión de entre 4 y 9 cuartillas, es decir, un mínimo de 1200 palabras y un máximo de 2700.

1.3. El equipo editorial podrá intervenir en la corrección de estilo de los artículos y eventualmente ajustar su extensión según las necesidades del Boletín.

2. Estructura

2.1. Los autores deberán señalar al inicio a cuál de las secciones estructurales del Boletín remite su artículo:

- Aplicación del modelo Pronaces Agua de investigación e incidencia
- Aspectos de planeación y técnica en torno al ciclo socionatural del agua
- Prácticas comunitarias de defensa y protección del Derecho Humano al Agua
- Democracia informática.

2.2. Título: deberá expresar claramente el contenido del trabajo.

2.3. Resumen y palabras clave: en este apartado se debe describir brevemente el problema de investigación o asunto del artículo, el enfoque metodológico empleado, las conclusiones, recomendaciones y perspectivas. Al término del resumen deberán seleccionarse y enlistarse palabras clave.

2.4 Introducción: en esta sección deberá ubicarse el artículo en términos de los antecedentes necesarios, en su caso referir brevemente la experiencia práctica que lo origina o bien exponer el contexto teórico en que se sitúa (100 palabras máximo).

2.5. Planteamiento del problema: en este segmento el propósito será explicar cuál es el asunto que aborda el artículo, qué posiciones asumen los autores respecto al abordaje del tema, qué relevancia tiene con respecto a lograr una gestión del agua para el Bien común y qué obstáculos se identifican para que la propuesta que se expone pueda prosperar (150 palabras máximo).

2.6. Desarrollo y discusión del tema: esta sección constituirá propiamente el cuerpo del artículo, en ella se deberán presentar los argumentos, datos, reflexiones y referencias prácticas o teóricas que lo sustenten (mínimo 800 palabras, máximo 2300 palabras).

Se recomienda dividir la argumentación en apartados y asignarles subtítulos con el fin de facilitar la lectura y comprensión.

2.7. Conclusión: deberá referirse al problema específico abordado y, de preferencia, contener de manera sintética el aporte del artículo (150 palabras máximo).

3. Presentación

3.1. Se usará la fuente Monserrat de 12 puntos.

3.2. Los vocablos en idioma distinto al español deberán escribirse en cursivas.

3.3. Las imágenes, figuras, diagramas, fotografías, mapas, tablas, etc., deberán numerarse progresivamente y ubicarse en el lugar pertinente, no al final del artículo. El título de la imagen se colocará arriba y la fuente abajo. Además de incorporarse en el cuerpo del escrito, deberán remitirse en archivos de imagen independientes, en formato .jpg, .png o .tiff, con una resolución mínima de 300 puntos por pulgada.

3.4. Las citas y referencias bibliográficas se harán siguiendo la pauta del modelo *American Psychological Association*, conocido por sus siglas APA. Se puede consultar una guía general en la página <https://bit.ly/3u06940>, y unas guías específicas en <https://bit.ly/3UFodf0> y <https://bit.ly/3HeKqvh>.

3.5. Se sugiere sólo incluir citas textuales cortas, menos de cuarenta palabras, incorporadas al texto entre comillas dobles, evitar citas textuales largas, referencias generales y concentrarse en lo directamente relacionado con el artículo.

3.6. Los autores deberán seleccionar los cinco párrafos más importantes y representativos del artículo y resaltarlos en negritas.

4. Datos del autor o autores

4.1. Nombre completo.

4.2. Formación práctica o académica.

4.3. Organización, colectivo o institución a la que pertenece.

4.4. Teléfono.

4.5. Correo electrónico.



Número Dieciocho
Mayo 2024



LA NORIA

Digital

Se aborda en el presente número de *La Noria Digital* una diversidad de temas relacionados con nanotecnología, legislación hídrica y gestión del agua en ríos urbanos y en una cuenca binacional. Todos, desde la libre perspectiva de sus autores, aportan elementos para comprender mejor cada cuestión y explorar soluciones más allá de la lógica neoliberal. El conocimiento que proporcionan y la reflexión que suscitan nos ayudan a tomar decisiones que cuiden del medio ambiente y de nuestras comunidades.

lanoriadigital@gmail.com