

Impluvium

Publicación digital de la Red del Agua UNAM
Número 23, Abril - Junio 2023



EXPERIENCIAS EN LA RESTAURACIÓN Y RECUPERACIÓN DE CUERPOS DE AGUA

PRESENTACIÓN



El agua se enlaza de manera compleja en diversos procesos y dinámicas físicas, biológicas, químicas, geológicas, económicas, culturales, sociales y políticas, operando a diferentes escalas espaciales y temporales. Garantizar la seguridad hídrica en sistemas lóticos, es decir, en ecosistemas acuáticos en movimiento como ríos, arroyos, y en sistemas lénticos como lagos, lagunas y embalses, representa un desafío monumental debido a las altas presiones de uso e incertidumbres climáticas.

En esta nueva edición de la revista “Impluvium”, de la Red del Agua de la UNAM, se aborda el enfoque de restauración y recuperación de cuerpos

de agua mediante ejemplos concretos. Este enfoque representa un reto significativo, ya que requiere integrar una perspectiva integral de la gestión de cuencas desde una óptica multifactorial.

Entre los temas tratados en esta edición, destaca la importancia de la restauración de ríos urbanos para lograr el desarrollo sostenible. Se presentan casos específicos de restauración mediante técnicas de fitorremediación y filtros percoladores aplicados en el Arroyo Cildañez en Argentina y el Río Chili en Perú, resaltando la relevancia de combinar estas técnicas para lograr una restauración efectiva y sostenible. También se aborda el problema global de la

eutroficación en cuerpos de agua y cómo la fitorremediación se posiciona como una solución eficaz y sostenible para reducir el exceso de nutrientes y microorganismos tóxicos en el agua.

Además, se examinan los factores políticos que afectan la restauración de cuerpos de agua, como el caso del Malecón del Río en León, Guanajuato, donde se evidencia la falta de aplicación de políticas ambientales. Otro caso estudiado es el proyecto del Parque Ecológico Lago de Texcoco (PELT) en la Zona Metropolitana del Valle de México, donde la restauración de este cuerpo de agua contribuirá a mejorar el microclima regional y mitigar riesgos ambientales y sociales.

Es esencial diferenciar los enfoques para la restauración y recuperación de cuerpos de agua entre sistemas lóticos y lénticos debido a sus diferencias ecológicas y dinámicas hidrológicas, especialmente en aspectos como la biodiversidad, los efectos de contaminantes y la carga de nutrientes y sedimentos, así como el caudal, la fluctuación de niveles y la conectividad. Esta diferenciación permitirá aplicar soluciones más efectivas y adaptadas a las carac-

terísticas particulares de cada tipo de ecosistema acuático, protegiendo así la calidad del agua, conservando la biodiversidad y manteniendo la sostenibilidad de estos valiosos ecosistemas.

Es fundamental destacar que la restauración de cuerpos de agua requiere la colaboración de diversos actores, desde científicos y expertos de diversas disciplinas hasta gobiernos locales y comunidades. Considerar las necesidades hídricas de los socioecosistemas enfatizando la gestión adecuada del agua para el ambiente es estratégico en el abordaje de recuperación y restauración de ecosistemas acuáticos. Trabajando juntos, podremos alcanzar el objetivo de devolver la vida a nuestros ecosistemas acuáticos y asegurar un futuro sostenible para las generaciones venideras. 💧

IGNACIO DANIEL GONZÁLEZ MORA Y EDUARDO RÍOS PATRÓN
Co-COORDINADORES DE LA RED MEXICANA DE CUENCAS (REMEXCU)



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

Editores invitados:

**Ignacio Daniel González Mora
y Eduardo Ríos Patrón**
Co-Coordenadores de la
Red Mexicana de Cuenas (REMEXCU)

Diseño gráfico y formación:

Lic. Joel Santamaría García
Lic. Marie Claire Mendoza Muciño

Publicación digital de la Red del Agua UNAM.
**Número 23, Experiencias en la restauración
y recuperación de cuerpos de agua.**
Abril - Junio 2023

www.agua.unam.mx/impluvium.html

Impluvium es la publicación digital de divulgación de la Red del Agua UNAM, Año 9, No.23, Abril – Junio 2023. 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@ingen.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, M. en C. Jorge Alberto Arriaga Medina, 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 2023.

CONTENIDO



Presentación 2

Ignacio Daniel González Mora y Eduardo Ríos Patrón³

ARTÍCULOS

Apuntes para la conformación de un programa de restauración de los ríos urbanos para el desarrollo sustentable. 7

Arturo Chacón Torres, Catalina Rosas Monge Frida, Sauno Contreras y Alma Itzel Jacobo Escamilla.

Restauración de las condiciones de calidad de agua en el Arroyo Cildañez (Argentina) y el Río Chili (Perú) 17

Oscar Enmanuel Ticona Neyra, Luis Gustavo Mendoza Oscco y Alexandre Swarowsky.





Eutroficación de cuerpos de agua: causas, consecuencias y soluciones basadas en la naturaleza 23

Jorge A. Ramírez-Zierold, Patricia M. Valdespino-Castillo,
Emiliano Monroy-Ríos, Mariel Barjau-Aguilar,
Óscar Gerardo-Nieto, Martín Merino-Ibarra,
Gloria Vilaclara-Fatjó y Martha Gaytán-Herrera.

La nula recuperación del Malecón del Río. Un plan fallido 31

Alba Inés Zabaleta Martínez

Impacto térmico de los cuerpos de agua proyectados en el Parque Ecológico Lago de Texcoco 38

Erika Danaé López Espinoza, Jorge Zavala Hidalgo,
Saulo Leonardo Rivera Martínez y Nahuiollin Hernández Rosas.



APUNTES PARA LA CONFORMACIÓN DE UN PROGRAMA DE RESTAURACIÓN DE LOS RÍOS URBANOS PARA EL DESARROLLO SUSTENTABLE

ARTURO CHACÓN TORRES, CATALINA ROSAS MONGE FRIDA,
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES SOBRE LOS RECURSOS NATURALES,
UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO

SAUNO CONTRERAS Y ALMA ITZEL JACOBO ESCAMILLA
PANORAMA AMBIENTAL A.C.



Resumen

El desarrollo y el bienestar de las comunidades humanas ha estado siempre asociado al acceso y aprovechamiento del agua. Por ello desde los primeros asentamientos los lagos y los ríos fueron centros estratégicos para el desarrollo de las diferentes civilizaciones en el planeta. Sin embargo, el crecimiento, urbanización y la industria representó un alto costo en los recursos hidrológicos que con el tiempo han sido degradados y contaminados. Los ríos urbanos en la actualidad representan un gran potencial para su aprovechamiento como elementos articuladores del sistema urbano, control de

inundaciones, sitios de recreación, rescate de flora y fauna silvestre, generación de energía y elementos de la identidad regional. En esta presentación se propone una estrategia integral que permita transitar hacia la restauración de los ríos urbanos con un enfoque de sustentabilidad ambiental que fortalezca el mantenimiento de los servicios ambientales y el bienestar colectivo de los sistemas urbanos.

Introducción

Las primeras civilizaciones establecieron sus centros de desarrollo en la ribera de ríos, lagos o del-

tas para favorecer el acceso al agua, el crecimiento y el sostenimiento de sus actividades. Estos asentamientos utilizaron riberas de los ríos y lagos para la pesca, caza y navegación. A medida que las aldeas crecieron, la organización social fue consolidada por la agricultura y sedentarismo. Los asentamientos fueron transformando el ambiente natural de los ríos hacia el desarrollo de extensas y modernas ciudades o puertos. La urbanización significó un alto costo ecológico para los ríos, ya que fueron degradados progresivamente.

Estas corrientes fueron incluso embalsadas para suministrar agua potable, irrigar cultivos y sostener la pesca. Posteriormente, fueron aprovechados para el desarrollo industrial y, finalmente, fueron utilizados para descargar basura y aguas negras. La urbanización impacta en los ríos en su: **1) estructura física**, porque las paredes de concreto sustituyen a la pendiente natural, bordes del cauce o, incluso, el mismo cauce, **2) geomorfología**, los cauces de ríos urbanos carecen de espacio suficiente para el control de avenidas por la modificación de su morfología. Los puentes, drenajes

y canales alteran la profundidad y amplitud del cauce. Sus trayectorias se modifican para hacer más lineal el cauce y así acelerar el flujo y desalojo del agua, **3) calidad del agua**, el incremento de escurrimientos superficiales de calles, banquetas y techos, con la descarga de drenajes municipales e industriales, deteriora la calidad del agua. **4) cantidad de agua**, al impermeabilizar taludes o fondo del cauce se disminuye la infiltración y se incrementa el flujo superficial con el consecuente riesgo de inundación, **5) capacidad para sostener vida silvestre**, al modificar cauces se eliminan corredores naturales, zonas de vegetación marginal y hábitats de especies biológicas, además, se reduce la estructura ecológica, generando aislamiento y fragmentación de poblaciones de vida silvestre, y **6) especies invasoras**, las áreas urbanas favorecen el ingreso de especies invasoras que se convierten en plagas que pueden generar daños y riesgos para la vida silvestre local y para la salud pública como ratas, cucarachas, moscos y otros vectores.

Estos factores de presión hacen vulnerables a los ríos urbanos frente a eventos torrenciales extre-

mos, se transforman en basureros a cielo abierto, se azolvan y se deteriora la unidad de paisaje, incrementando el riesgo de inundaciones e impactando en la salud pública por la pérdida de los servicios ambientales.

De acuerdo con la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA, 2022, p. 17 y 25), la disponibilidad de agua por habitante en México disminuyó de 17,742 m³ en el año de 1950, a 11,500 m³/hab/año en el año de 1955, a 4,900 m³/hab/año, para el año 2000, a 4,028 m³/hab/año. De acuerdo con la misma fuente (2022, p. 17), la población mexicana alcanzó un total de 126.01 millones de habitantes en 2020, mientras que la disponibilidad de agua fue de 461,640 millones de metros cúbicos (Comisión Nacional del Agua, 2022, p. 25). Por lo tanto, la disponibilidad en el año de 2020 fue de 3,663.5 m³/hab/año. No obstante, se espera que la disponibilidad de agua disminuya a 3,500 m³/hab/año para el año 2025 y a menos de 3,000 m³/hab/año para el año 2030. Esto significa que en diez años México será una nación con escasez de agua. Lo anterior representa importantes desafíos, pues podría disminuir el acceso al agua

potable, elevar el riesgo de morbilidad, incrementar el costo de suministro y generar incertidumbre económica y social.

Existen escasos ejemplos de ciudades mexicanas que convivan con un río urbano.

Generalmente los cauces de ríos urbanos son drenajes a cielo abierto, cubiertos de basura y aguas negras. Más aún, hasta fines del siglo XX predominó la visión de entubar los ríos urbanos como única solución para evitar inundaciones y focos de infección. Por el contrario, diversos estudios demuestran que el confinamiento de ríos no resuelve los problemas de salud pública ni las inundaciones (Zamora Sáenz, 2010 p. 41). Por el contrario, existe evidencia de que la convivencia y manejo sustentable de ríos urbanos representa una fuente de recursos naturales y económicos con beneficios sociales (Zamora Sáenz, 2010 p. 41).

La restauración de ríos urbanos es una alternativa para recuperar el suministro de agua y generar beneficios ecológicos, sociales y económicos, incluyendo: 1) manejo eficiente de caudales con procesos naturales, 2) reducción de impactos en eventos

torrenciales extremos con capacidad de recarga y resiliencia natural, 3) amortiguamiento de la temperatura ambiental urbana e incremento en la humedad atmosférica, 4) ofrece al medio urbano un espacio natural, 5) acceso a espacios recreativos y educativos con elementos naturales de paisaje, 6) rehabilitación de hábitat para vida silvestre, 7) infraestructura y equipamiento para generar energía alternativa y transporte colectivo, 8) potencia actividades económicas con servicios recreativos.

Propuesta

El Artículo 3 de la Ley de Aguas Nacionales, Fracción XLVII, define *como ribera o zona federal a “las fajas de diez metros de anchura contiguas al cauce de las corrientes o al vaso de los depósitos son de propiedad nacional, medidas horizontalmente a partir del nivel de aguas máximas ordinarias.”*

Por lo tanto, el derecho federal de un río es un valioso patrimonio activo urbano y ecológico, que se puede aprovechar con una política urbana adecuada. Los cauces urbanos y sus espacios adjuntos son susceptibles de aprovecharse con actividades

recreativas y culturales, transporte colectivo y generación de energía, porque son componentes básicos de la estructura urbana cuya restauración, incrementa la identidad local y calidad paisajística.

La trayectoria del cauce con vialidad marginal, la convierte en un corredor troncal para la movilidad urbana. La necesidad de prevenir inundaciones y mantener el agua de un río urbano con una percepción visual escénica, implica dispositivos de control como vasos reguladores, represas, compuertas, sistemas de saneamiento y reutilización para riego de espacios abiertos. El uso de suelo de predios colindantes al cauce de un río urbano es potencial como corredor urbano de alto valor inmobiliario, que incrementa los ingresos económicos y favorece un espacio urbano más atractivo, competitivo y eficiente.

Las iniciativas para mejorar la infraestructura en el entorno cercano del cauce de río urbano pueden integrarse en un plan de ordenamiento territorial o proyecto integral de restauración estableciendo metas en instrumentos de planeación.

Existen numerosos casos exitosos de ríos urbanos restaurados y mejorados en el mundo. Sin embargo, algunos casos en el territorio nacional incluyen el manantial y arroyo de Santa Lucía en Monterrey, el río Magdalena en Ciudad de México y los esfuerzos actuales por el rescate del Río Sedeño en Xalapa, Veracruz.

El modelo de rescate de ríos urbanos en México que se propone en el presente documento considera el mejoramiento de un espacio público, que promueve un sentido de orgullo e identidad, con la oportunidad de un desarrollo económico y generación de beneficios para el bienestar común (Véase Figura 1).



Figura 1. Modelo propuesto para la restauración de ríos urbanos en México.

Métodos y técnicas

La elaboración de la propuesta se realizó mediante el debate libre en un grupo multidisciplinario de trabajo, incluyendo el análisis general de la situación actual de México en materia hidrológica. Se aplicó una matriz de interacciones y prioridades para el tema estratégico del agua, y en particular los ríos urbanos como uno de los temas urgentes en la

agenda hidrológica nacional. El proyecto incluyó el trabajo de equipo, consultas abiertas de especialistas en hidrología, restauración ambiental e investigación documental. Finalmente, las figuras, diagramas y esquemas se elaboraron en bocetos a lápiz y posteriormente en trabajo digital (Véase Figura 2).

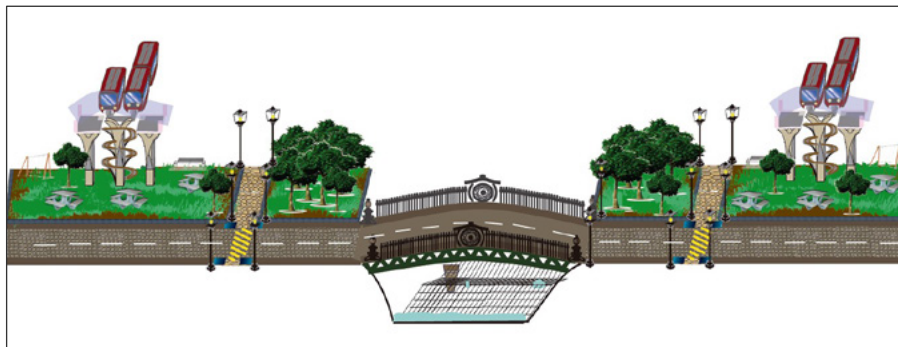


Figura 2. Imagen objetivo de restauración de ríos urbanos en México

Objetivos, programas y metas

La propuesta es un proyecto de restauración de ríos urbanos de México con siete objetivos, siete programas y 15 metas.

Objetivos

Los objetivos de la propuesta de restauración de ríos urbanos son:

1. Revertir la degradación del cauce y prevenir inundaciones.
2. Construir una unidad de paisaje natural con articulación y compatibilidad de la imagen urbana.
3. Aprovechamiento del suelo mediante un ordenamiento territorial.
4. Generación de energía alternativa.
5. Impulsar un sistema de movilidad colectiva y recreativa.
6. Generar economía y bienestar social con un río urbano restaurado y ordenado.
7. Consolidar el proyecto emblemático a partir de la restauración.

Programas

1. Prevención de inundaciones.
2. Garantizar la calidad del agua y asegurar su balance hidrológico.
3. Rescate del derecho federal del cauce para el uso público.
4. Construcción de sistemas de generación de energía alternativa.
5. Sistema de movilidad colectiva cómoda, eficiente y compatible.
6. Generación de un corredor urbano de alta plusvalía y consolidación urbana articulada por el río urbano.
7. Fortalecimiento de la imagen de río urbano como proyecto emblemático local.

Metas

Se definen 15 metas para los siete objetivos:

1. Identificar los procesos de degradación del cauce de río.
2. Determinar los niveles de riesgo y vulnerabilidad.
3. Eliminar las descargas de agua negra.

4. Aplicar saneamiento para mejorar la calidad del agua.
5. Incrementar la infiltración y el volumen en el cauce.
6. Rehabilitar el cauce del río urbano.
7. Restaurar la estructura y relaciones funcionales integrando a la cuenca.
8. Articular el paisaje natural con el medio urbano.
9. Identificar espacios adjuntos al cauce para el desarrollo de actividades con beneficio económico y social.
10. Planear el uso del suelo de la trayectoria con criterios de vocación natural.
11. Producir energía de fuentes alternativas.
12. Acondicionar la superficie del derecho federal para establecer una movilidad.
13. Evaluar el potencial económico local.
14. Impulsar la difusión del río urbano y su productividad.
15. Aplicar acciones para la consolidación del río urbano restaurado con beneficios ambientales, económicos y sociales.

Discusión

El crecimiento urbano en México implica una densidad poblacional tendiente a la saturación, más vialidades y expansión de la frontera urbana. En 2012 México registró de 2.3-4.3 m² de áreas verdes por habitante, cuando en el año 2000 registró 5.2 m²/hab. La Organización Mundial de la Salud (2018) recomienda 16.0 m²/hab. Por lo tanto, recuperar la trayectoria de ríos urbanos incrementa el área verde por habitante. El derecho federal es de 10.0 m, con beneficios de bienestar físico, salud mental, captura de dióxido de carbono, amortiguamiento en la densidad de edificaciones, prevención de riesgos naturales y mitigación de cambio climático.

El valor ecológico y económico de especies biológicas en la restauración de un río enriquece el valor escénico y paisajístico, fortalece la educación ambiental, además de la identidad regional con sentido de pertenencia. Es posible recuperar especies forestales con un modelo de arboretum o parque lineal como el sabino o ahuehuete (*Taxodium mucronatum*), fresno (*Fraxinus uhdei*), capomo, huje o ramón (*Brosimum alicastrum*), cueramo (*Cordia*

elaegnoides), parota (*Enterolobium cyclocarpum*), cirián (*Crescentia alata*), álamo (*Populus mexicana*), copal (*Bursera copallifera*), ceiba o pochote (*Ceiba petandra*), cuahulote (*Guazuma ulmifolia*), cirimo (*Tilia mexicana*), aile (*Alnus acuminata*), sauce (*Salix bonplandiana*), pino (*Pinus sp.*), encino (*Quercus sp.*) y mezquite (*Prosopis laevigata*).

Además de los beneficios que fomenta el turismo en un río urbano restaurado, se generan economías locales. El río urbano se convierte en un sitio de esparcimiento familiar con el consumo de productos locales, que asociados al impacto del turismo y al transporte colectivo constituye un efecto multiplicador de beneficios sociales.

La trayectoria del río restaurado ofrece la oportunidad de aprovechar el componente articulador con un transporte colectivo eficiente, cómodo y seguro aprovechando la zona del derecho federal del río, dejando el derecho de vía para la conectividad.

Los servicios ambientales de un río urbano restaurado implican el incremento en la humedad relativa, disminución en la temperatura atmosférica, prevención de isla de calor urbano, belleza

escénica y refugio de biodiversidad para mantener vigentes los procesos biológicos de especies regionales, incluyendo la polinización, banco de germoplasma, cosecha de agua pluvial, educación ambiental, corredor biológico y parque lineal.

Los beneficios de la instalación de plantas generadoras de energía alternativa como la solar o eólica incluyen la iluminación nocturna, operación de cámaras de seguridad, dispositivos de telefonía, operación de servidores de internet y en su mejor caso la operación de compuertas, esclusas y sistema de riego de áreas verdes.

Conclusiones

La restauración de ríos urbanos fortalece los servicios ambientales que estos ecosistemas ofrecen además de impulsar el beneficio colectivo bajo los criterios de que se aprovecha la disponibilidad de agua para el mantenimiento del caudal ecológico, infiltración, control de avenidas y mejorar el paisaje urbano.

Es también una alternativa para incrementar los ingresos económicos, con el turismo y cam-

bios en la dinámica económica. Además de que el beneficio social es positivo por la restauración del entorno natural.

Sin embargo, como todo proyecto social colectivo son necesarios los acuerdos, convenios y fideicomisos entre los gobiernos federal, estatal y municipal y organizaciones de usuarios, es de fundamental importancia definir el grado de participación y responsabilidad.

Considerando que son aguas nacionales o administradas por el estado o el municipio, la participación de las instituciones de gobierno es necesaria ya que deben programar, fomentar y asesorar la productividad, conducir las políticas uso de suelo, ordenar el territorio y facilitar la participación local. ♦

Bibliografía

Comisión Nacional del Agua. (2022). Numeragua Edición 2022.

Sistema de Información del Agua. https://sina.conagua.gob.mx/publicaciones/Numeragua_2022.pdf

Zamora S.I. (2010). Algunos principios en el rescate de ríos urbanos. En: González R., Hernández M.L, Perló C.M. y Zamora S.I. Rescate de ríos urbanos. Propuestas conceptuales y metodológicas para la restauración y rehabilitación de ríos. Universidad Nacional Autónoma de México: Coordinación de Humanidades. Programa Universitario de Estudios sobre la Ciudad. https://www.puec.unam.mx/pdf/publicaciones_digitales/rescate_rios_digital.pdf.

Organización Mundial de la Salud. (2018). Ciudades verdes y sustentables.

RESTAURACIÓN DE LAS CONDICIONES DE CALIDAD DE AGUA EN EL ARROYO CILDAÑEZ (ARGENTINA) Y EL RÍO CHILI (PERÚ)

OSCAR ENMANUEL TICONA NEYRA, ALEXANDRE SWAROWSKY
UFSM, BRASIL

LUIS GUSTAVO MENDOZA OSCCO
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN



Resumen

En la presente publicación, se presentan dos experiencias relacionadas a la restauración de cuerpos de agua. Por un lado está el caso del Arroyo Cildañez (Argentina) en donde se ha empleado la técnica de la fitorremediación; y por el otro se presenta el caso del Río Chili (Perú) en donde se está empleando una planta de tratamiento de tipo filtros percoladores, para mejorar las condiciones de calidad de agua en dicha fuente de agua.

Introducción

En Argentina, el crecimiento demográfico con la consecuente urbanización, industrialización y el desarrollo de la agroindustria en las cuencas de los alrededores de la Ciudad de Buenos Aires (CABA) y conurbano de la Provincia de Buenos Aires (AMBA) son los principales factores de producción de residuos y desechos. En CABA, la Agencia de Protección Ambiental (APRA), realiza monitoreos ambientales sobre los cuerpos de agua de la ciudad. Así, ha detectado en el lago Lugano y arroyo Cildañez des-

perdicios provenientes de efluentes industriales y contaminación cloacal, estos cuerpos de agua desembocan en el Riachuelo (Groppa y Marconi, 2021).

Arequipa es una de las principales ciudades del Perú presenta una población de 1 382 730 habitantes. Uno de los problemas ambientales que está sucediendo en Arequipa véase *Figura 1* es en el río Chili un cuerpo de agua tipo lótico que recibe impactos ambientales negativos como contaminación tanto por botaderos de residuos sólidos, vertimientos de aguas residuales y pasivos ambientales (Falcon, 2009).

Durante muchos años las aguas residuales de la ciudad de Arequipa se descargaban en el río sin tratamiento, aproximadamente solo el 8% era tratado parcialmente por la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) de Chilpina, lo que generó que la calidad del agua aguas abajo sea cuestionable y aumentará los riesgos para la salud, muchos agricultores viven río abajo de Arequipa y utilizan el agua del río para regar sus tierras (Filippi et al., 2014).



Figura 1.

Fuente: <https://www.radioyaravi.org.pe/noticia/Regional/arequipa--agua-del-r%C3%ADo-chili-mejora-su-calidad-durante-cuarentena-6445>

Desarrollo

En el Arroyo Cildañez (Buenos Aires-Argentina), para mejorar su calidad de agua, se desarrollaron dos técnicas las cuales se describen a continuación:

Técnica 1: Aplicando el concepto de fitorremediación, se diseñó el proyecto de islas de balsas, empleando diversas plantas autóctonas de este ecosistema, cuyas raíces se desarrollan en el cuerpo de

agua, ejerciendo acciones de fitodegradación, fitoestimulación, fitoestabilización y fitoacumulación (Macchiavelli, 2018).

Técnica 2: A través de esta técnica se desarrolló una planta piloto de humedales artificiales, a fin de propiciar una mejora en las condiciones de anoxia y alta carga orgánica que tiene el curso hídrico, consta de 5 humedales, que contienen plantas palustres, arraigadas, flotantes y sumergidas. El tratamiento se inicia con una bomba que toma agua directamente del arroyo y la impulsa a un sedimentador. El agua así certificada es derivada a los 5 humedales, donde las diversas plantas autóctonas ejercen las acciones de fitorremediación. Asimismo, la estructura de piedra sobre la que están instaladas las plantas ejercen una última acción de filtración (Macchiavelli, 2018).

Se vienen realizando análisis de laboratorio de 25 parámetros, junto con monitoreos in situ de temperatura, PH, turbidez, oxígeno y sólidos disueltos totales del arroyo y del agua a la salida de los humedales siendo un mecanismo efectivo para mejorar la calidad de agua del arroyo, puesto que

los parámetros DBO5 y Turbidez disminuyeron notablemente, así como también los referidos a la concentración de bacterias de tipo *Escherichia coli* y *Coliformes fecales*. Asimismo, los resultados de los análisis muestran un incremento en el oxígeno disuelto, insumo necesario para el soporte de vida acuática (Macchiavelli, 2018).

Véase la Figura 2 en donde se puede apreciar la instalación de las balsas para efectuar la fitorremediación en el Arroyo Cildañez.



Figura 2: Fitorremediación en el Arroyo Cildañez

Fuente: Lavilla Puerta (2021)

Tal vez, una explicación de la razón por la cual las especies nativas tuvieron singular suceso en los procesos de depuración es la presencia del tejido parenquimático, el cual tiene como una de sus características la capacidad de absorción y almacenamiento de agua (Parénquima Acuífero), otra característica singular que puede explicar la performance de la técnica de la fitorremediación del Arroyo Cildañez es la baja velocidad del flujo, lo que ocasiona que dicha técnica tenga singular suceso en cuerpos de agua con características lénticas o semi-lénticas.

En Arequipa- Perú en el año 2016 empezó a funcionar la planta de tratamiento de aguas residuales La Enlozada, la cual trata alrededor de 1600 L/s que es el 89 % de las aguas residuales de la ciudad, así mismo Arequipa cuenta con la planta de tratamiento de aguas residuales “Escalerilla” diseñada para tratar hasta 403 L/s (SEDAPAR, 2018). Un promedio de 95 % de las aguas residuales domésticas de la población se desechan a través de un sistema de alcantarillado y pasan por un tratamiento adecuado (Valverde et al., 2021). El control de la calidad de las aguas trata-

das que salen de la planta de tratamiento (efluente) es fiscalizado por el Ministerio de Vivienda de Perú, exigiendo cumplimiento de la norma Límites Máximos Permisibles (LMP), y la Autoridad Nacional del Agua, que vigila que el vertimiento de efluentes tratados de las plantas de tratamiento de aguas residuales en el cuerpo receptor no alteren su calidad natural mediante el control de los parámetros de calidad especificados en el Estándar de Calidad Ambiental del Agua (Valverde et al., 2021).

Si bien es cierto que Arequipa cuenta con una planta de tratamiento de aguas residuales, todavía hay presencia de contaminantes en el río Chili a lo largo del recorrido por la ciudad como el aluminio, coliformes termotolerantes y *Escherichia coli* los cuales transgreden los estándares de la norma peruana esto debido a las descargas de vertimientos de aguas residuales clandestinos, así como el arrojado de residuos sólidos (Autoridad Nacional del Agua, 2021, p. 32).

A pesar de ello el río Chili muestra aguas de buena calidad, cumpliendo los parámetros físico-químicos, parámetros inorgánicos como metales

pesados y la reducción de contaminación bacteriológica de más de 1 millón NMP/100 ml. de coliformes a un promedio de 2,200, que equivale a 98 % de reducción de la contaminación bacteriológica (Valverde et al., 2021).

El Arroyo Cildañez (Buenos Aires-Argentina) y el río Chili (Perú-Arequipa) se encuentran en distintas zonas geográficas, pero presentan problemas muy similares de contaminación, por un lado el Arroyo Cildañez utiliza la biorremediación (fitorremediación y humedales artificiales) como técnica de restauración y el río Chili utiliza filtros percoladores; ambos cuerpos de agua presentan distintos tipos de tratamiento los cuales podrían complementarse para cumplir con una restauración adecuada.

Es necesario indicar que no solo es preciso el empleo de técnicas de mejoramiento de calidad de agua como las antes descritas, sino que se requiere que sean acompañadas con otras acciones que mejoren la calidad hidrogeomorfológica (Ibisate et al., 2016) y también el establecimiento del caudal ecológico por tramos de la cuenca hidrográfica, ya

que tiene como uno de sus servicios ecosistémicos la dilución de algunos de los contaminantes.

Conclusiones

Tanto en el Arroyo Cildañez como en el Río Chili se han desarrollado técnicas que han dado como resultado una mejora en su calidad del agua.

Las dos tecnologías mencionadas anteriormente pueden considerarse complementarias, más no excluyentes una con otra, para lograr mejoras significativas en términos cualitativos y restaurar las características de calidad del agua a niveles muy cercanos a lo prístino.

En cuerpos de agua lénticos es recomendable la aplicación de la fitorremediación y en el caso de agua de cuerpos de agua lóticos es más apropiado el uso del sistema de las PTAR.

Es preciso complementar los procesos de restauración de la calidad del agua con otras acciones como mejoramiento del estado hidrogeomorfológico y de implementación de los caudales ecológicos dado sus servicios ecosistémicos adicionales como es el caso de la dilución de contaminantes. ♦

BIBLIOGRAFÍA

Autoridad Nacional del Agua. (2021). Informe de monitoreo de la calidad del agua superficial en la cuenca Quilca Vitor Chili periodo 2021. Realizado del 17 al 19 de agosto y del 14 al 17 de septiembre del 2021.

Falcón, J. (2009). Identificación y sistematización de fuentes de contaminación en la Cuenca del río Quilca - Vitor - Chili. Ministerio del Ambiente, Lima.

Filippi, M.E. Hordijk, M., Alegría, J. y Denis J. (2014). Knowledge integration: a step forward? Continuities and changes in Arequipa's water governance systems? *Environment & Urbanization*, 26 (2), 525–546.

Groppa M. y Marconi P. L. (2021). Tecnologías de biorremediación implementadas hasta el momento en Lago Lugano y arroyo Cildáñez. En De Cabo, L. y Marconi, P. (ed.), *Estrategias de remediación para las cuencas de dos ríos urbanos de Ilanura Matanza-Riachuelo y Reconquista*, (p. 213-230). Argentina: CONICET.

Ibisate, A.; Ollero, A.; Sáenz de Olazagoitia, A.; Acín, V.; Granado, D.; Ballarín, D.; Herrero, X.; Horacio, J.; Mora, D. (2016) Condiciones de referencia para la restauración de la geomorfología fluvial de los ríos de las cuencas de Oiartzun y Oria (Gipuzkoa). *Cuaternario y geomorfología. Revista de la Sociedad Española de Geomorfología y Asociación Española para el Estudio del Cuaternario*, 30 (1), 49-60.

Machiavelli E. (2018). Poco a poco estamos saneando el Arroyo Cildañez. <https://edumacchiavelli.medium.com/poco-a-poco-estamos-saneando-el-arroyo-cilda%C3%B1ez-por-eduardo-macchiavelli-52255d982c0>

SEDAPAR S.A. (2018). Plan Estratégico Institucional 2018-2022. Gerencia de planeamiento y desarrollo empresarial. Departamento de Planes y Presupuesto. Arequipa. Perú.

Valverde-Ortiz, J., Gutiérrez-Calderón, G., Duarte, E. V., y Gutiérrez, E. C. (2021). Progress on target 6.3 of sustainable development goal 6 by the improvement of wastewater treatment in arequipa-peru by 2020. Proceedings of the LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology.

EUTROFICACIÓN DE CUERPOS DE AGUA: CAUSAS, CONSECUENCIAS Y SOLUCIONES BASADAS EN LA NATURALEZA

JORGE A. RAMÍREZ-ZIEROLD,
PATRICIA M. VALDESPINO-CASTILLO, EMILIANO MONROY-RÍOS,
MARIEL BARJAU-AGUILAR, ÓSCAR GERARDO-NIETO,
MARTÍN MERINO-IBARRA,
INSTITUTO DE CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA, U.N.A.M.

GLORIA VILA CLARA-FATJÓ Y MARTHA GAYTÁN-HERRERA.
FES IZTACALA, U.N.A.M.



ARTÍCULO

Resumen

La eutroficación es actualmente la causa principal de deterioro de la calidad del agua a nivel mundial por la acumulación progresiva de nitrógeno, fósforo y materia orgánica procedentes de la descarga directa de aguas residuales domésticas y de las actividades agropecuarias. Sus principales consecuencias son el agotamiento del oxígeno en el agua, la sobreproducción de microorganismos patógenos y de cianobacterias tóxicas. La implementación de unidades de fitoremediación está dando resultados

importantes en el diseño de soluciones sustentables basadas en la naturaleza. Esta ecotecnia hace un aprovechamiento productivo de la eutroficación funcionando como un biofiltro para disminuir importantemente las concentraciones de nitrógeno y fósforo, la carga bacteriana del agua y los florecimientos de cianobacterias y sus toxinas. Además, constituye zonas de refugio y reproducción de zooplancton y peces, así como importantes fuentes alternativas de ingresos a las localidades, impul-

sando la recuperación de lagos, presas y ríos de forma integral y sustentable.

Introducción

La eutroficación es la sobre-fertilización de los lagos, presas, ríos y zonas costeras, y es causada por la acumulación progresiva de nitrógeno, fósforo y materia orgánica de origen doméstico e industrial (orina y heces fecales, excesos de fertilizantes, residuos de alimentos, etc.). Aunque puede ocurrir de forma natural a lo largo de décadas o inclusive siglos, las principales actividades humanas aceleran drásticamente la eutroficación por la continua descarga directa de aguas residuales domésticas y por el excesivo uso de fertilizantes en diversos cultivos, así como los restos de alimento para peces o animales de granja, que son arrastrados por el agua durante la temporada de lluvias hacia los cuerpos de agua. Esta situación tiene consecuencias muy graves que dificultan importantemente las operaciones para garantizar el abastecimiento de agua potable, las pesquerías de interés comercial y las actividades turísticas y recreativas, principalmente

el agotamiento del oxígeno disuelto en el agua que impide la vida de peces y otros organismos; el constante incremento de las concentraciones de nitrógeno y de fósforo que estimula la sobreproducción de microorganismos patógenos y favorece los florecimientos de cianobacterias potencialmente tóxicas.

Por lo anterior, es urgente mantener programas de monitoreo permanentes, para generar información oportuna sobre la calidad del agua de lagos, ríos y presas, que permita orientar las acciones de restauración y protección adecuadas. Desafortunadamente, actualmente son insuficientes tanto el financiamiento como el personal dedicado a las labores de monitoreo y vigilancia, que son tan necesarias para cuidar la salud de las fuentes de agua, así como para apoyar las acciones educativas, de planeación y de gestión que se requieren.

Crisis de calidad del agua en la presa de Valle de Bravo, principal vaso del Sistema Cutzamala

El principal problema de calidad del agua en Valle de Bravo y sus ríos tributarios es la eutroficación, que afecta tanto la diversidad y abundancia

de microorganismos como la concentración de oxígeno en el agua (Merino Ibarra, 2008, p. 343-344). El origen de esta carga de nutrientes en los ríos de la subcuenca Valle de Bravo-Amanalco es debido principalmente a: 1) la descarga directa de aguas residuales domésticas y 2) el uso excesivo de fertilizantes asociado a las actividades agropecuarias. Adicionalmente a este continuo aporte de ríos y drenajes (Véase Tabla 1), las aguas tratadas que se vierten en el río Amanalco representan un incremento a la carga de fósforo y de nitrógeno de ese río de 12% y 9%, respectivamente (Ramírez-Zierold, 2010, p. 29-30). Por lo que, en términos netos, el lago continúa acumulando, gran can-

Tabla 1. Principales aportes de agua y elementos fertilizantes al embalse de Valle de Bravo en los últimos 10 años.

Fuentes puntuales	Desemboca en	Agua (%)	Fósforo total (%)	Nitrógeno total (%)
Amanalco	Brazo Noreste	51.9	53.9	58.4
Tizates		2.3	9.6	8.2
PTAR		1,5	5,3	4,8
Molino	Brazo Este-sureste	20,5	11.4	11.1
González		6.7	3.4	3.3
Otros ríos		9.4	4.4	10.4
Drenajes		1.7	6.8	5.5
Colorines	Cortina	6.0	5.4	5.4

cantidad de fósforo y nitrógeno, principalmente es sus sedimentos (Barjau Aguilar, 2022, p. 7-10; Véase Figura 1).

Este continuo aporte de nutrientes estimula el desarrollo de microorganismos y particularmente de cianobacterias tóxicas, como *Anabaena* y *Microcystis*, cuya presencia en el agua representa un importante riesgo a la salud de los usuarios del embalse, los habitantes de la zona metropolitana de la ciudad de México y de la ciudad de



Figura 1. Sedimentos orgánicos ricos en nitrógeno y fósforo acumulados progresivamente en el fondo del embalse Valle de Bravo (Barjau Aguilar, 2022, p. 7-10).

Toluca, así como el principal problema en la planta potabilizadora Los Berros.

En Valle de Bravo, los primeros síntomas de la sobre-fertilización del agua o eutroficación fueron evidentes a partir de los años 80 provocando desde entonces cambios sucesivos en los grupos dominantes del fitoplancton a lo largo del tiempo. Estudios recientes mostraron una fluctuación de la dominancia entre diatomeas y cianobacterias en 2017 y 2018; situación que cambió en 2019 y 2020 cuando las diatomeas se volvieron minoritarias respecto a las cianobacterias tóxicas (especialmente *Anabaena planctonica*, *Microcystis aeruginosa* y *W. naegeliana*), así como la no-tóxica *Microcystis wesenbergii* (Gaytán Herrera, 2023, p. 1).

Esta última especie desarrolló florecimientos de alta flotabilidad que se acumularon en las orillas del embalse entre diciembre de 2018 y enero de 2019, como densas masas gelatinosas con fuerte olor pútrido, principalmente en los embarcaderos de la zonas Noreste y Suroeste. En el mismo periodo se observó en el centro del embalse presencia abundante de microorganismos potencialmente tóxicos, que pueden afectar la piel, generando dermatitis aguda, enfermedades gastrointestinales e irritación de mucosas nasales y oculares (Véase Figura 2).

Lo anterior fué consecuencia de las elevadas concentraciones de nitrógeno y fósforo, debidas al vertimiento de aguas no tratadas o insuficientemente tratadas, directamente al lago, provenientes previsiblemente de:

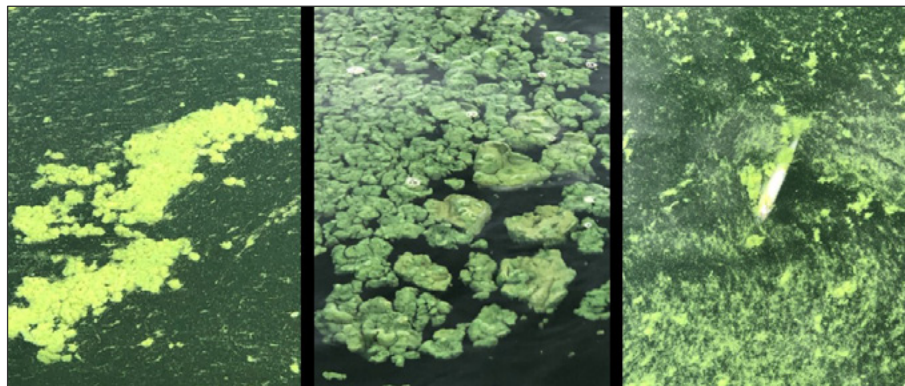


Figura 2. Fotografías de la superficie en el centro de la presa en enero de 2019. Se observan diferentes acumulaciones de colonias de cianobacterias flotantes.

- Vertimiento de aguas negras al río Tizates (*Véase Figura 3*) y las inmediaciones del muelle municipal.
- Las plantas de bombeo de drenajes hacia la Planta de tratamiento de aguas residuales El Arco.
- De los trasvases de agua desde la presa de Colorines que, por una parte, transporta contaminantes desde las otras presas del Sistema Cutzamala y que además pueden provocar la resuspensión de material sedimentado en la zona de la cortina hacia el interior del embalse.

- Zonas habitacionales en la periferia del Lago, que no cuentan con servicio de drenaje o de fosas sépticas con mantenimiento deficiente, y que infiltran al residuos y aguas contaminadas.

Restauración ecológica como herramienta de mitigación de la sobre-fertilización de cuerpos de agua.

Entre las mejores alternativas exploradas por expertos a nivel mundial en los últimos 20 años se encuentran las tecnologías basadas en la naturaleza, cuya virtud es que consideran el funcionamiento ecológico local y regional, y por ésto, promueven la recuperación integral de los ecosistemas acuáticos (Calderón Cendejas, 2021, p. 14-15) sin



Figura 3. Desembocadura de aguas negras del río Tizates directamente a la presa de Valle de Bravo.

causar daños colaterales. Además, son alternativas tecnológicas mucho menos costosas que los tratamientos del agua comunes. Una de las principales ecotecnias usadas para el aprovechamiento productivo de esta condición de sobre-fertilización se desarrolló en el México prehispánico, se trata de las chinampas o sistemas flotantes de cultivo de una

amplia variedad de plantas u hortalizas, cuyo crecimiento está asociado al consumo de los nutrientes disueltos en el agua. Una vertiente de estos milenarios sistemas de cultivo son las unidades de fitoremediación que funcionan como biofiltros dentro de la presa. Este sistema se basa en la construcción de unidades flotantes con especies vegetales que, al crecer, extraen el exceso de nitrógeno y fósforo de los cuerpos acuáticos, contribuyendo a su saneamiento progresivo (Figura 4).

Propuesta específica para el caso de Valle de Bravo

Estas unidades de fitoremediación pueden estar compuestas de una multitud de diferentes plantas acuáticas. Sin embargo, el lirio acuático (*Eichornia Crassipens*) es la más adecuada para impulsar la restauración ecológica y el mejoramiento de la calidad del agua del embalse de Valle de Bravo (Véase Figura 4), por su gran capacidad para disminuir significativamente: 1) las concentraciones de nitrógeno y fósforo; 2) la carga bacteriana del agua y 3) los florecimientos de cianobacterias y sus toxinas;



Figura 4. Las unidades de fitorremediación constan de encierros o pequeñas islas que contienen al lirio evitando su dispersión y acumulación descontroladas, lo que permite cosecharlas fácilmente para su aprovechamiento.

adicionalmente estas unidades constituyen zonas de refugio y reproducción de zooplancton y peces, lo que contribuye a restaurar la trama trófica.

El lirio acuático cultivado como biofiltro de compuestos de origen orgánico constituye una excelente materia prima para la generación de un fertilizante natural, muy eficiente para incrementar el rendimiento de diversos cultivos (Rasmiya

Begum, 2022, p. 24-26) así como ayudar en la restauración de los suelos agrícolas y forestales, por lo que su manejo podría aportar fuentes alternativas de ingresos a las diferentes localidades de la cuenca.

Conclusión

La implementación y manejo de unidades de fitorremediación ofrece una alternativa sostenible y económica, a través de aliviar la sobrecarga de materiales exógenos y sus consecuencias de una forma no invasiva y armónica con el funcionamiento natural de los cuerpos acuáticos. ♦

Bibliografía

- Barjau-Aguilar, M.; Merino-Ibarra, M.; Ramírez-Zierold, J.A.; Castillo-Sandoval, S.F.; Vilaclara-Fatjó, G.; Guzmán-Arias, A.P.; Macek, M.; Alcántara-Hernández, R.J.; Sánchez-Carrillo, S.; Valdespino-Castillo, P.M. (2022) Nitrogen and Phosphorous Retention in Tropical Eutrophic Reservoirs with Water Level Fluctuations: A Case Study Using Mass Balances on a Long-Term Series. *Water*, 14, 2144. <https://doi.org/10.3390/w14142144>
- Calderón-Cendejas, J.; Madrid-Ramírez, L.; Ramírez-Zierold, J.; Díaz-Valenzuela, J.; Merino-Ibarra, M.; Morató-Sánchez de Tagle, S.; Chino-Télez, A. (2021) Evaluation of the Impacts of Land Use in Water Quality and the Role of Nature-Based Solutions: A Citizen Science-Based Study. *Sustainability*, 13, 10519. <https://doi.org/10.3390/su131910519>
- Gaytán-Herrera, M., Vilaclara-Fatjó, G., Ramírez-Zierold, J., Barjau Aguilar, M., Castillo-Sandoval, S., Merino-Ibarra, M. (2023) Indicadores fitoplanctónicos y nivel del agua en el embalse Valle de Bravo (2017-2021). Quintana Roo, México.
- Merino-Ibarra, M.; Monroy-Ríos, E.; Vilaclara, G.; Castillo, F.S.; Gallegos, M.E.; Ramírez-Zierold, J. (2008) Physical and Chemical Limnology of a Wind-Swept Tropical Highland Reservoir. *Aquat. Ecol.*, 42, 335–345. <https://doi.org/10.1007/s10452-007-9111-5>
- Ramírez-Zierold, J.A.; Merino-Ibarra, M.; Monroy-Ríos, E.; Olson, M.; Castillo, F.S.; Gallegos, M.E.; Vilaclara, G. (2010) Changing Water, Phosphorus and Nitrogen Budgets for Valle de Bravo Reservoir, Water Supply for Mexico City Metropolitan Area. *Lake and Reservoir Management*, 26, 23–34. <http://dx.doi.org/10.1080/07438140903539790>
- Rasmiya Begum, S.L., Himaya, S.M.M.S., Afreen, S.M.M.S. (2022). Potential of Water Hyacinth (*Eichhornia crassipes*) as Compost and its Effect on Soil and Plant Properties: A Review. *Agricultural Reviews*. 43(1): 20-28. [DOI: 10.18805/ag.R-184](https://doi.org/10.18805/ag.R-184).

LA NULA RECUPERACIÓN DEL MALECÓN DEL RÍO. UN PLAN FALLIDO

ALBA INÉS ZABALETA MARTÍNEZ
UNIVERSIDAD ROSARIO CASTELLANOS

Resumen

Con más de 130 años de existencia, el Malecón del Río los Gómez, o simplemente el Malecón del Río, es una de las obras más representativas de la Ciudad de León, Guanajuato. Su extensión de más de 20 kilómetros, ha sido vital para el desarrollo de la ciudad, ya que por él transitan miles de vehículos diariamente debido a su extensión; sin embargo, el malecón se ha convertido en un vertedero de aguas negras, que no benefician en nada a la ciudad. Año con año se proponen acciones de recuperación de este importante lugar y sus cuerpos de agua, pero todo queda solo en proyectos, ya que al parecer las políticas ambientales e hídricas solo sirven para llenar papel, pero tienen una nula aplicación.



Introducción

Desde la fundación de la Ciudad de León, esta ha tenido una infinidad de problemas con el agua, los cuales van desde las inundaciones, hasta las graves sequías que se viven hoy en día y que mantienen a miles de habitantes con una nula o poca dotación de agua. Es así como uno de los principales cuerpos de agua tomó y toma ahora gran relevancia; el Malecón de Río fue una de las obras más importantes del siglo pasado, esto debido a que su construcción evitó las inundaciones que el Río del los Gómez provocaba a la ciudad, si bien, en una primera instancia la obra contribuyó a mantener el equilibrio del ecosistema, las obras posteriores llevaron a la desaparición total del río, que hoy está convertido

en un canal de aguas negras en época de lluvias o bien en un paraje seco sin vida.

Para 1955, se inició la construcción del viaducto del Río los Gómez que tenía como fin proporcionar un camino para llegar a la carretera Panamericana, dicha obra se convertiría con el paso del tiempo en una de las principales vías de desalojo vial del centro de la ciudad, así mismo, debido a los vertederos clandestinos de las tenerías, las aguas del malecón se volvieron olorosas y dañinas para la salud, lo cual provocó la intubación por tramos para que el olor dejara de expandirse por la ciudad (Rivas, 2021). Para los años ochenta, comenzaron las obras de urbanización del malecón, las cuales le dieron el aspecto que hasta hoy se observa; ya para 2010, se hizo la última adaptación a la obra, el famoso “Puente del Amor”, que desemboca hacia el Arco del Triunfo, una obra de gran orgullo leonés (Sánchez, 2020). Por otro lado, se comenzó también una serie de construcciones de presas y canales que provocaron la dispersión del agua, lo que ocasionó que el malecón se quedara cada vez más vacío (Rivas, 2021).

Desarrollo

Toda la infraestructura planteada para el malecón fue siempre en beneficio de la urbanización de la ciudad, un crecimiento constante de la población, debido a la inversión en industria ya no solo de fabricación de calzado y productos de piel sino también química, automotriz, fabricación de maquinaria y equipo, alimentaria, así como comercio y otros servicios, convirtieron a la ciudad en una parte fundamental del corredor industrial del bajío (Secretaría de Economía, 2017), lo cual propició una gran cantidad de cambios por toda la ciudad incluyendo a los cuerpos de agua que en esta existían. Poco se pensó en el futuro y en todos los efectos adversos que el cambio climático ha tenido sobre la región y que han contribuido al grave problema hídrico en el que hoy está sumergido León, desde hace 30 años los expertos en la región han hablado de que la ciudad, se encuentra muy cerca del día cero (Tagle-Zamora, 2014) y es que la disponibilidad del agua del acuífero del valle de León es de 51.876100 hm³ anuales, lo que indica que ya no se pueden otorgar más concesiones de extracción

en la zona (Subdirección General Técnica Gerencia de Aguas Subterráneas, 2020), sin embargo, esto no sucede así, la ciudad sigue creciendo y no hay opciones para continuar con la dotación de agua de los diferentes usuarios.

Al mismo tiempo, durante los últimos años y debido a la falta de lluvias, la Presa El Palote, ha llegado a niveles tan bajos, que pone en peligro no solo la dotación de agua y su propia existencia, sino también la de la flora y fauna que ahí habitan.

Es aquí, donde el Malecón del Río cobra vital importancia, a lo largo de los años, diversas organizaciones sociales han propuesto su restauración, de tal forma que este no sea tan sólo una salida al tráfico de la ciudad, sino también un lugar de esparcimiento, áreas verdes y de recuperación de cuerpos de agua; al mismo tiempo el Instituto Municipal de Planeación de León (IMPLAN), desarrolló desde el 2009 un proyecto al que denominó “Plan Maestro del Malecón del Río los Gómez”, cuyo objetivo principal era el de definir estrategias y políticas integrales para permitir el óptimo ordenamiento y mejoramiento urbano, promoviendo la recupera-

ción y regeneración de los espacios a lo largo del malecón. En esta primera etapa, se consideraban estudios ambientales e hidrológicos de los Arroyos La Patiña y El Granizo, esto para la conformación de diques, al mismo tiempo, se consideraban estudios de identificación de vertederos de las tenebrías a lo largo del malecón, así mismo, estudios de impacto ambiental de lo que dichos vertederos han provocado en el ecosistema; por otro lado, la conformación de un aguaje para el desarrollo de la vida silvestre del lugar, esto mediante la captación de agua de lluvia que sería tratada por las plantas de tratamiento del Sistema de Agua y Alcantarillado de León (SAPAL), sin embargo, todo quedó en proyecto (IMPLAN , 2009).

En el 2017, se retomó este plan y se le hicieron mejoras, de tal forma, que el malecón fungiera como un parque urbano, recuperando al mismo tiempo, espacios verdes y cuerpos de agua que antes no fueron contemplados, tal es el caso del Arroyo el Muerto, además de la integración de ciclovías y mayor cantidad de áreas verdes en él. Pero

como era de esperarse, nuevamente todo quedó en proyecto (IMPLAM, 2017).

Estado actual

Si bien, el malecón del río es la obra más longeva de la ciudad de León, esta aún se encuentra inconclusa, ya que constantemente se le hacen mejoras que poco tienen que ver con la recuperación de un cuerpo de agua que podría aminorar en algo los problemas hídricos de la ciudad. Ante las escasas lluvias, el malecón del río se convierte en un lugar seco y sin mayor provecho, sin importar que, en algunas zonas, se encuentren lugares de esparcimiento y recreación, sin embargo, con las altas temperaturas registradas en la ciudad y ante la falta de árboles, ¿quién va a querer utilizarlas?

Cada temporada de lluvias, la ciudad de León puede pasar por simples lloviznas hasta lluvias torrenciales que inundan tramos de la ciudad, lo que ocasiona graves afectaciones a los principales bulevares de la ciudad. Al mismo tiempo, el malecón se llena de agua a lo largo de su extensión, sin embargo, esa agua no tiene mayor uso más que el



Figura 1.

Fuente: Zabaleta, 2023

de irse al desperdicio en el drenaje, en vez de ser como se planteaba en el plan maestro, ser captada pero esta vez utilizarla no sólo para la recuperación del lugar sino para dotar de agua a los miles de usuarios en su mayoría domésticos que no cuentan con el suministro.

Por otro lado, la misma obra, se ha visto envuelta en diversas controversias en los últimos años, esto debido a la tala inmoderada de árboles para la construcción de nuevos tramos que ayuden al desahogo del tráfico, pero poniendo en riesgo el equilibrio ecológico del ecosistema, así como el del mismo medio ambiente, ya que cada vez hace más calor en la ciudad y las lluvias han sido sumamente escasas, para no decir que prácticamente nulas. El último conflicto se presentó el pasado fin de semana (24 de junio), donde varias ONG hicieron una denuncia pública ante la tala de 63 árboles por parte del gobierno municipal.

Conclusiones

Al parecer la ciudad de León está condenada a sufrir problemas con el agua de manera perma-



Figura 2.

Fuente: Zabaleta, 2023



Figura 3.

Fuente: Zabaleta, 2023

nente, desde su fundación las inundaciones fueron el pan de cada día, hoy lo son la sequía, la escasez y las altas temperaturas, pero lejos de ser esto un incentivo para los gobiernos municipales que han estado a cargo de una ciudad tan importante como León, pareciera que las políticas siguen encaminadas al desarrollo y crecimiento económico por encima del medio ambiente. El claro ejemplo es el malecón del río, una obra que está muy lejos de ser un ejemplo de recuperación de cuerpos de agua; por un lado, la necesidad de vialidades ante el crecimiento de la población y la ciudad, por otro lado, las tenerías que siguen vertiendo los desechos al malecón, sin importar la regulación existente para la no contaminación de cuerpos de agua, así como una nula implementación de políticas ambientales e hídricas que continuarán sumergiendo a León en un grave problema del que tarde o temprano desembocará en que el “Día Cero” sea una realidad. 💧

Referencias

Instituto Municipal de Planeación (IMPLAN). (2009). *Plan Maestro Malecón del Río*. Gobierno de León

Instituto Municipal de Planeación (IMPLAN). (2017). *Plan Maestro Malecón del Río-Parque Lineal*. Gobierno de León.

Rivas, A. (2021). El Malecón del Río, obra de más de 200 años de antigüedad. Historia, León Guanajuato. Milenio.

Sánchez, A. (2020). *Historia del Malecón del Río y su importancia en León*. Cultura, Milenio.

Secretaría de Economía (2017). Guanajuato y sus principales sectores productivos y estratégicos. Gobierno de México.

Subdirección General Técnica Gerencia de Aguas Subterráneas. (2020). Actualización de la Disponibilidad Media Anual de Agua en el Acuífero Valle de León (113), Estado de Guanajuato. Comisión Nacional del Agua (CONAGUA).

Tagle-Zamora, D. (2014). *La crisis multidimensional del agua en la Ciudad de León, Guanajuato*. Porrúa.

IMPACTO TÉRMICO DE LOS CUERPOS DE AGUA PROYECTADOS EN EL PARQUE ECOLÓGICO LAGO DE TEXCOCO

**ERIKA DANAÉ LÓPEZ ESPINOZA, JORGE ZAVALA HIDALGO,
SAULO LEONARDO RIVERA MARTÍNEZ,**
INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA ATMÓSFERA Y CAMBIO CLIMÁTICO, UNAM

NAHUIOLLIN HERNÁNDEZ ROSAS
INGENIERÍA GEOFÍSICA, FACULTAD DE INGENIERÍA, UNAM

Resumen

Los cuerpos de agua urbanos mejoran el microclima de una región. Comprender los impactos atmosféricos de los cuerpos de agua recuperados bajo el Proyecto Ecológico Lago de Texcoco al oriente de la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) contribuirá en un mejor entendimiento de esta estrategias de mitigación enfocada en favor de la población.

Introducción

Debido a sus propiedades físicas, los cuerpos de agua urbanos juegan un papel importante para

regular las condiciones meteorológicas y el clima de una región. Entre sus propiedades físicas están un albedo y rugosidad superficial bajo, así como una capacidad calorífica y conductancia térmica alta (Huang et al., 2019; Notaro et al., 2013). En comparación con otras superficies, como las áreas urbanas, los cuerpos de agua urbanos reducen los extremos diarios de temperatura del aire, están asociados a una menor altura de la capa límite atmosférica y mayor magnitud del viento (Ruiz-Angulo y López-Espinoza, 2015; López-Espinoza et. al., 2019). Además, son grandes fuentes de humedad para la



atmósfera inferior (Huang et al., 2019), y al tener una mayor tasa de evaporación, que junto con otras variables atmosféricas como el viento, pueden impactar también en el aumento de las precipitaciones locales (López-Espinoza et. al., 2019). Sin embargo, el impacto ambiental de los cuerpos de agua dependerá tanto de su volumen, como de las condiciones meteorológicas presentes en cada región (García-Jiménez, 2019). Particularmente, el Nuevo Lago de Chalco (NLCh), con extensión superficial de 5 km², es un cuerpo de agua formado por una depresión geológica debido a la extracción intensiva de agua al sur de la ZMVM. Aunque relativamente pequeño, es un cuerpo de agua que modifica la temperatura del aire máxima promedio hasta en 2.7°C durante la época seca cálida (García-Jiménez, 2019). De acuerdo con García-Jiménez (2019) el impacto térmico del NLCh incide en las condiciones climáticas de cuatro alcaldías de la Ciudad de México y cuatro municipios del Estado de México. Además, su impacto térmico ha sido relevante para la agricultura tradicional propia de la región (García-Jiménez y López-Espinoza 2020).

En la ZMVM, el cambio de cobertura vegetal y uso de suelo está presente desde la fundación de Tenochtitlán hasta la época actual. La intervención antropogénica ha transformando el paisaje natural desde la desecación del sistema de lagos antiguo hasta la desecación en épocas actuales de cuerpos de agua artificiales como el Nabor Carrillo. A partir de simulaciones numéricas se ha analizado el impacto de la pérdida del sistema de lagos antiguo en algunas variables atmosféricas como la temperatura del aire, el viento en superficie y la precipitación (Jazcilevich et al., 2000; Ruiz-Angulo y López-Espinoza, 2015; Lopez-Espinoza et al., 2019). Particularmente, la temperatura máxima promedio del día se ha incrementado en 2.8°C durante la época de secas y en 2.5°C durante la época de lluvia. Con respecto al impacto en la temperatura mínima diaria, la diferencia promedio es de 1.7°C para la época de secas, y de 1.0°C para la época de lluvia (Ruiz-Angulo y López-Espinoza, 2015). A partir de estos resultados se mostró que la amplitud entre los extremos de temperatura diaria es mayor en las

condiciones actuales de urbanización que bajo condiciones lacustres.

Los cuerpos de agua urbanos funcionan también como hábitat de flora y fauna, ejemplo de ello lo observamos en el lago artificial Nabor Carrillo, ubicado al oriente del Estado de México, construido en 1985 bajo el Proyecto Texcoco dentro de la Zona Federal del Lago de Texcoco. Su entorno alberga alrededor de 200 mil aves, entre ellas especies endémicas y migratorias como pelícanos, patos canadienses y mexicanos, garzas blancas y azules (SMIG, 2021; SEMARNAT, s/f). Este lago dulce creado como estrategia de mitigación para las tolvaneras, que transportaban residuos de aguas negras y polvo de arcillas durante la época de estiaje hacia la Ciudad de México (Jáuregui, 1990; SMIG, 2021), experimentó un secado de aproximadamente el 50% de su capacidad a partir de la construcción en 2014 del Nuevo Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México (NAICM). La desecación hecha sobre este cuerpo de agua, entre otros fines, fue para que las aves endémicas y migratorias no interfirieran con la construcción del NAICM. Sin embargo, con la

cancelación del proyecto en diciembre de 2018 se dió lugar al reinicio de la conservación ambiental de la zona y actualmente se encuentra en proceso la construcción del Parque Ecológico Lago de Texcoco (PELT). La zona donde se encuentra el PELT fue declarada el 22 de marzo de 2022 “Área Natural Protegida”. El proyecto del PELT busca una restauración ecológica que implica la revegetación, reforestación y la recuperación de humedales artificiales y naturales, así como la conservación y mantenimiento de lagunas (SEMARNAT, s/f). Particularmente, la recuperación de los cuerpos de agua dentro del PELT representa una oportunidad de mitigación a diversas problemáticas ambientales que enfrenta la población de la zona como: altas temperaturas, tolvaneras y alta concentración de partículas suspendidas en el aire (Jazcilevich et al., 2000; Zhu and Zhou, 2019).

En este artículo se presenta el impacto en la temperatura del aire y de la superficie del escenario proyectado de cuerpos de agua temporales y estacionales en el marco del proyecto PELT (SEMARNAT, s/f) (Figura 1).

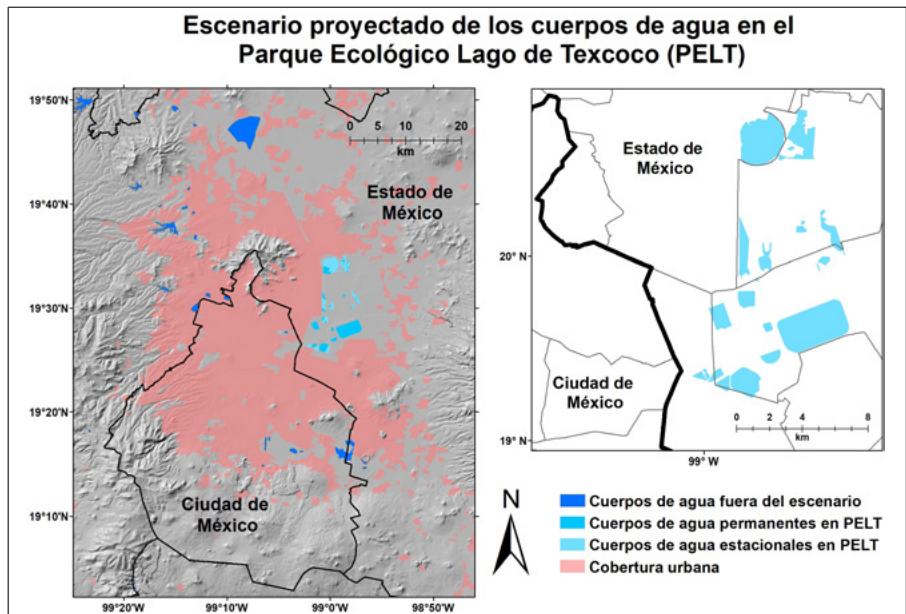


Figura 1. Reconstrucción del escenario proyectado de los cuerpos de agua permanentes y estacionales bajo el proyecto del PELT.

Impacto térmico del los cuerpos de agua proyectados en el PELT

Los beneficios térmicos del escenario proyectado de la recuperación de los cuerpos de agua en el marco del proyecto PELT, se realizó empleando un modelo numérico que simuló las condiciones atmos-

féricas actuales de la temperatura en superficie y del aire, y se compararon los resultados contra las simulaciones considerando el escenario proyectado de cuerpos de agua (Figura 1). El escenario proyectado fue elaborado a partir de la información presentada en (SEMARNAT, s/f) y considerando la superficie de los cuerpos de agua simulados, la cual fue de 29.32 km². En la simulación del escenario proyectado se configuró una profundidad diferencial de los cuerpos de agua de entre 2.3 m (Nabor Carrillo), 1.5 m (los otros cuerpos de agua permanentes) y 0.5 m (las charcas temporales estacionales). El periodo de simulación comprendió del 2 de mayo a las 0Z al 7 de mayo a las 0Z de 2022. La resolución hori-

zontal del dominio de simulación que comprende el área del PELT fue de 500 m.

La figura 2 muestra el promedio de la temperatura del aire (T2) y de la superficie (TSK) para el día 3 de mayo considerando las condiciones actuales de cobertura vegetal y uso de suelo. Podemos observar que las mayores temperaturas en T2 se observan sobre la mancha urbana central de la ZMVM (figura 2a), mientras que para la TSK se presentan en la parte norte y oriente de la Zona (figura 2b). Las figuras 2c y 2d muestran las mismas variables a las 15:00 h del mismo día. En esta hora T2 alcanza, sobre la mancha urbana hasta 30°C, mientras que TSK alcanza arriba de los 30°C sobre el centro de

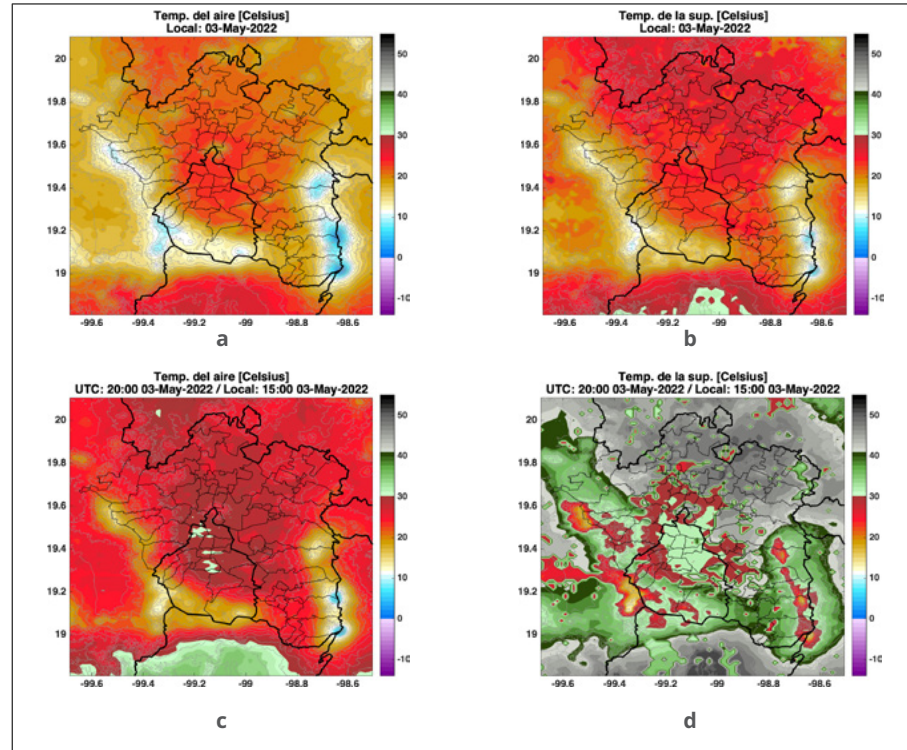


Figura 2. Promedio diario de la temperatura del aire a) y de la en superficie b) para el día 3 de mayo de 2023. c) Temperatura del aire y d) de la superficie a las 15:00 h para el mismo día.

la mancha urbana y los 50°C al norte y oriente de la ZMVM. Particularmente, en la zona del PELT se observan valores de la TSK arriba de los 40°C. La diferencia de la temperatura promedio diurna para el día 3 de mayo entre la simulación con las condiciones actuales de uso de suelo y el escenario proyectado de cuerpos de agua se muestran en la figura 3. El impacto en T2 y TSK se observa sobre los nuevos cuerpos de agua recuperados, y particularmente T2 presenta una disminución máxima entre 0.9°C y 1.2°C, mientras que TSK una disminución máxima de entre 7.0°C y 7.6°C.

Conclusiones

El continuo crecimiento urbano en la ZMVM ha ejercido pre-

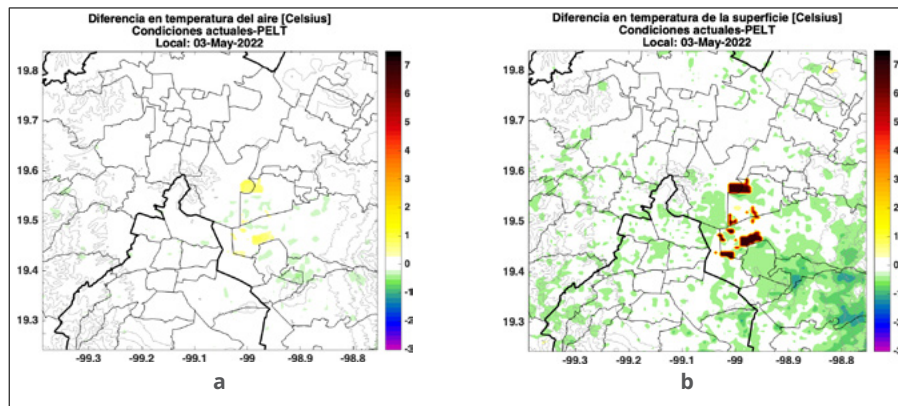


Figura 3. Diferencias entre la simulación con las condiciones actuales de uso de suelo y el escenario proyectado de cuerpos de agua del PELT. a) temperatura del aire y b) temperatura de la superficie.

sión sobre los recursos naturales, ha cambiado el paisaje natural y ha tenido impactos ambientales irreversibles para la región. La recuperación de los cuerpos de agua en el oriente de la ZMVM son un acto de justicia ambiental y social sobre una región vulnerable ante riesgos ambientales, sociales y económicos. En este estudio se analizó el impacto en la temperatura del aire y de la superficie que tendrá el escenario esperado de recuperación de los cuerpos de agua permanentes y estacionales del proyecto del PELT. Particularmente, se observa

que las condiciones de uso de suelo previas a la recuperación natural en el PELT tienen asociada una mayor temperatura del aire y de la superficie, aumentando la vulnerabilidad de los residentes de la región de Texcoco ante la exposición al calor. De acuerdo a nuestros resultados la temperatura del aire sobre los lagos recuperados disminuirá hasta en 1.2°C y la de la superficie hasta en 7.6°C, considerando el escenario lacustre más optimista. Es necesario profundizar en el análisis de más variables atmosféricas, así como en la reconstrucción de escenarios más realistas que consideren la restauración ecológica completa de revegetación, reforestación y cuerpos de agua, y el continuo aumento de tem-

peratura por el calentamiento global, para así conocer con menor incertidumbre el impacto ambiental más cercano a la realidad que propone el PELT.

La importancia de estrategias de mitigación a corto y largo plazo, como el PELT, deben guiar a la prosperidad de una región, buscar el bienestar de la población y un desarrollo urbano respetuoso de la naturaleza en donde habita. ♠

Referencias

- García-Jiménez, A.J. (2019). Estudio numérico de El Nuevo Lago de Chalco y su impacto en el tiempo meteorológico de la región. Tesis de licenciatura, UNAM-CdMx.
- García Jiménez A. J. y López-Espinoza E.D. (2020). El Nuevo Lago de Chalco: un recurso hídrico con impactos atmosféricos y agrícolas. *Impluvium*. No. 10, Enero-Marzo 2020.
- Huang, A.; Wang, J.; Dai, Y.; Yang, K.; Wei, N.; Wen, L.; Wu, Y.; Zhu, X.; Zhang, X.; Cai, S. (2019). Evaluating and improving the performance of Three 1-D lake models in a large deep lake of the Central Tibetan Plateau. *J. Geophys. Res. Atmos.* 124, 3143–3167.
- Jáuregui, E. (1990). Effects of revegetation and new artificial water bodies on the climate of northeast Mexico City. *Energy and Buildings*. 15, 447–455.
- Jazcilevich, A.; Fuentes, V.; Jauregui, E. y Luna, E. (2000). Simulated urban climate response to historical land use modification in the Basin of Mexico: Climatic Change. 44, 515–536.
- López-Espinoza E.D., Ruiz-Angulo A., Zavala-Hidalgo J., Romero-Centeno R., & Escamilla-Salazar J. (2019). Impact on precipitation from desiccation of the ancient lake system in the Basin of Mexico City. *Atmosphere*, 10 (10), 628.
- Notaro, M.; Holman, K.; Zarrin, A.; Fluck, E.; Vavrus, S.; Bennington, V. (2013). Influence of the Laurentian Great Lakes on regional climate. *J. Clim.* 26, 789–804.
- Ruiz-Angulo, A. y López-Espinoza, E. (2015). Estimación de la respuesta térmica de la cuenca lacustre del Valle de México en el siglo XVI: Un experimento numérico. *Bol. Soc. Geol. Mex.* 67, 215–225.
- Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)- Dirección General de Impacto de Riesgo Ambiental. s/f. Proyecto Ecológico Lago de Texcoco. 1–522.
- Sociedad Mexicana de Ingeniería Geotécnica (SMIG). (2021). Formación del lago Nabor Carrillo, Texcoco: Aspectos ambientales en los métodos de diseño mecanicista-empírico para pavimentos. *Geotecnía*. 1–50.
- Zhu, D.; Zhou, X. (2019). Effect of urban water bodies on distribution characteristics of particulate matters and NO₂. *Sustainable Cities and Society*, 50, 101679.



Te invitamos a participar
en nuestra publicación digital

Impluvium

Con el tema:

CONVERGENCIA TECNOLÓGICA PARA LA GESTIÓN SUSTENTABLE DEL AGUA

Recepción de trabajos:
**DEL 3 DE JULIO
AL 29 DE SEPTIEMBRE DEL 2023**

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

De acuerdo con el fundador del Foro Económico Mundial, la llamada Cuarta Revolución Industrial genera un mundo en el que los sistemas de fabricación virtuales y físicos cooperan entre sí de manera flexible y a nivel global. Esta nueva etapa no solo consiste en sistemas inteligentes y conectados, sino que se trata de la convergencia de tecnologías y su interacción a través de los espacios físicos, digitales y biológicos.

El sector hídrico tiene grandes oportunidades para incorporar innovaciones tecnológicas y lograr así una gestión sustentable de los recursos hídricos. En la actualidad, existe una amplia disponibilidad y asequibilidad de tecnologías, lo que permite incorporar estas herramientas digitales a lo largo del todo el ciclo hidrológico. Estos cambios tecnológicos también transforman a las diversas organizaciones que forman parte del sistema hídrico, incluyendo a los múltiples usuarios del agua.

La convergencia tecnológica en el sector hídrico tiene el potencial de integrar sistemas más eficientes y resilientes, reducir los costos de construcción, operación y mantenimiento de las infraestructuras verdes y grises, entre muchas otras aplicaciones. Las soluciones tecnológicas inteligentes deben permitir la integración, en tiempo real, de datos provenientes de múltiples actores y servir para mejorar la toma de decisiones, tanto a nivel personal como de política pública.

Sin lugar a dudas, la convergencia tecnológica es una herramienta indispensable para alcanzar la seguridad hídrica, sin embargo, se requiere profundizar en su estudio y compartir los casos de éxito, por ello, este número de Impluvium busca conocer las principales aplicaciones de las innovaciones digitales en el sector hídrico y analizar sus oportunidades y desafíos económicos, tecnológicos, sociales e incluso éticos.

Entre los temas a abordar se sugieren:

- Sensores, monitoreo y pronóstico. Micro sensores, teledetección, sistemas de información geográfica, drones, medidores en tiempo real
- Inteligencia artificial. Aprendizaje automático, reconocimiento de patrones en los datos, redes de comunicación, bots de chat
- Realidad aumentada, virtual y digital. Gemelos digitales fusionados con SIG, sensores aplicados en realidad virtual y aumentada
- Aplicaciones de blockchain. Transacciones directas y seguras entre proveedores de recursos, gobierno, empresas de servicios públicos y ciudadanía



Te invitamos a participar
en nuestra publicación digital

Impluvium

Con el tema:
**PRÁCTICAS
SOCIOCULTURALES
EN TORNO A LA
GESTIÓN DEL AGUA**

Recepción de trabajos:
**DEL 2 DE OCTUBRE
AL 15 DE DICIEMBRE DEL 2023**

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

Cada cultura establece significados particulares alrededor del agua. Las percepciones de las personas sobre el uso y aprovechamiento los recursos hídricos están mediadas por esa relación sociocultural. Para comprender y analizar las prácticas en torno a la gestión del agua es necesario hacer una lectura del contexto en el que se desarrollan. Este entendimiento permite explicar las instituciones, acciones colectivas y mecanismos sociales detrás de las prácticas desarrolladas por los miembros de una sociedad en un espacio geográfico y temporal determinado.

En términos generales, una práctica sociocultural se define como las acciones o intervenciones que consideran los conocimientos, experiencias, habilidades y capacidades inscritas en un sistema cultural. Todo grupo social comparte un conjunto de rasgos distintivos, materiales, intelectuales, simbólicos, emocionales y espirituales que se manifiestan en sus modos de vida, tradiciones, valores, creencias y otros mecanismos para regular la vida social. Estas características pueden ser incompatibles o insustituibles entre una y otra cultura, o compartidos y apreciados entre sociedades diferentes. De acuerdo con Fish et al. (2016), las prácticas sociales son un reflejo y, al mismo tiempo, crean la cultura, a través de una amplia gama de manifestaciones: mitos, ritos, narrativas y otras expresiones materiales o intangibles.

La dimensión sociocultural se ha integrado en marcos de análisis, como los servicios ecosistémicos, o en los esquemas de gobernanza de los recursos hídricos, con énfasis en aspectos como la apropiación del territorio, la identidad y pertenencia cultural, las cosmovisiones originarias, entre otros.

Reconocer los sentidos y valores alrededor de las prácticas sociales para la gestión del agua puede contribuir a la construcción de consensos, al manejo de conflictos, a la identificación de buenas prácticas o procesos de apropiación de las tecnologías, al reconocimiento e integración de los conocimientos locales, indígenas o tradicionales, entre otros beneficios.

- Expresiones simbólicas en torno al agua (mitos, ritos y tradiciones)
- Interacciones entre los valores y las prácticas de uso y consumo de agua
- Diversidad cultural y sistemas de gestión del agua
- Métodos para la evaluación y análisis de los valores culturales relacionados al agua
- Discrepancias y construcción de consensos respecto a los modelos de gestión del agua

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 23, Abril - Junio 2023

www.agua.unam.mx